www.farelettronica.com

n. 287 MAGGIO - Anno XXV - € 6,00

MP3 Player

con PIC e il modulo VMusic

PER IMPARARE

LEZIONI DI VHDL

COME FUNZIONANO LE CELLE A COMBUSTIBILE

APPLICAZIONI CON L'INTEGRATO 4013

ALIMENTATORI A DIODO ZENER

PROGETTI

ALLARME ELETTROACUSTICO

PRESA SCART MODIFICATA

POLSO ROBOTICO

CONTROLLO MOTORE WIRELESS: IL MODULO RICEVITORE

IL PROGETTO DI UN THEREMIN

Rilevazione dei TERREMOTI

la strumentazione necessaria

ISSN 1591-2272
90287
9 771591 227008

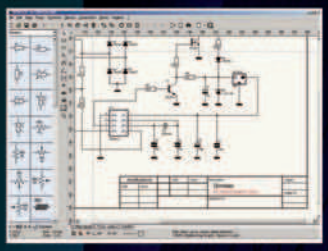
MENSILE Poste Italiane Spa - Spedizione in abbonamento Postale - D.L. 353/2003 (conv. In L. 27/02/2004 n. 46) art. 1, comma1, DCB Milano. In caso di mancato recapito, restituire all'editore che si impegna a pagare la relativa tassa presso il CPM di Roserio - Milano

A VOLTE RITORNANO...

I migliori software per l'elettronica

sPlan 6.0

Programma per disegnare gli schemi elettrici.



Solo € 47,88

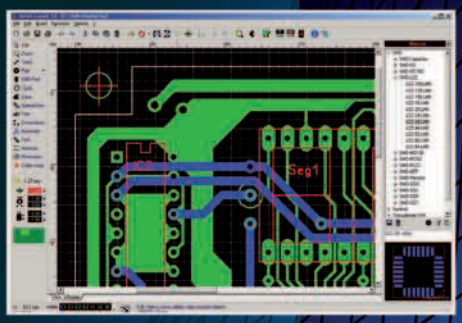
Front Designer

Programma per disegnare i pannelli frontali

Solo € 47,88

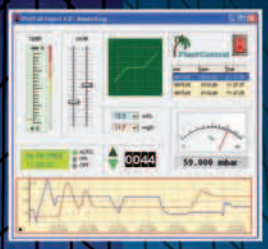
Sprint-Layout 5.0

Con Sprint-Layout è possibile disegnare il proprio PCB in modo facile e veloce.



Solo € 47,88

ProfiLab-Expert 4.0



Il software ProfiLab-Expert permette di sviluppare i propri progetti di misurazione digitale o analogica.

Solo € 119,88

AudioWave 2.0

Con AudioWave 2.0 la propria scheda audio diventa un confortevole generatore di segnale LF che genera segnali da 1Hz a 20 kHz con una risoluzione di 1Hz.

Solo € 35,88

LochMaster 3.0

LochMaster 3.0 è uno strumento di sviluppo per la progettazione di boards. Possiede utili funzionalità per disegnare, documentare e testare una board.

Solo € 47,88

Prezzi IVA inclusa

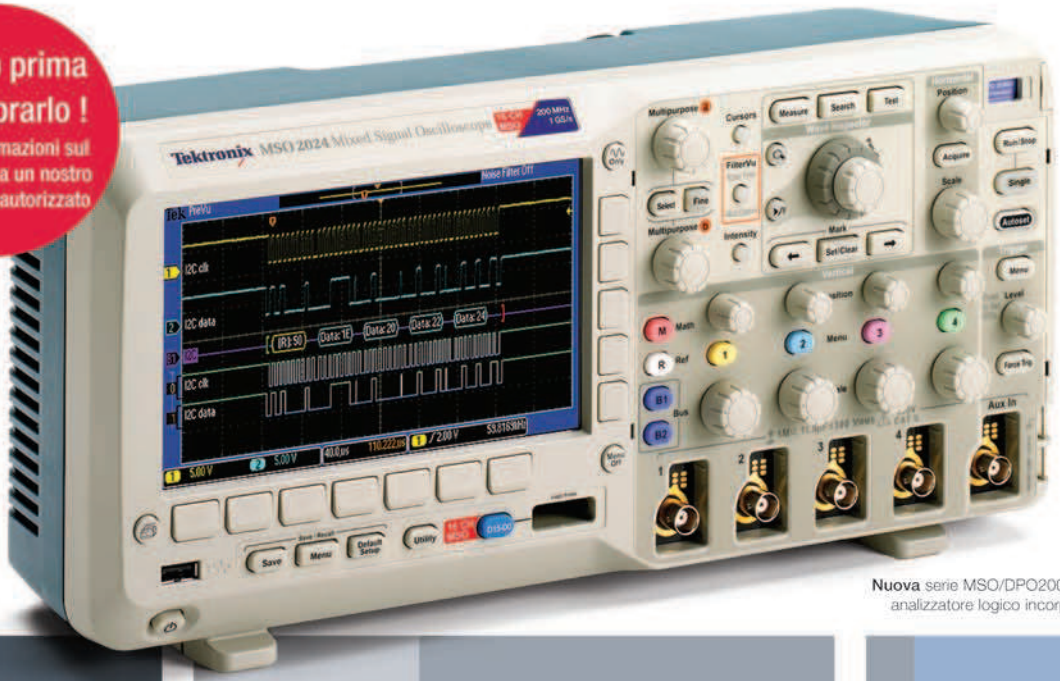
PUOI ORDINARE I SOFTWARE ABACOM SUL SITO
www.ieshop.it/abacom
oppure telefonando allo 02 66504755

CODICE MIP 2764114

Insuperabile !

La nuova serie di mixed scopes costa appena €2,290...

Provalo prima di comprarlo !
Chiedi informazioni sul programma a un nostro distributore autorizzato



Nuova serie MSO/DPO2000 con analizzatore logico incorporato

Serie MSO4000/DPO4000	
Banda	350 MHz to 1 GHz
Canali Analogici	2, 4
Canali digitali	16 (MSO4000 Series)
Lunghezza memoria	10 M su tutti I canali
Display	10.4 inch
Serial Bus Trigger and Decode	I²C, SPI, RS-232/422/485/UART, CAN, LIN, FlexRay

Serie DPO3000	
Banda	100 MHz to 500 MHz
Canali Analogici	2, 4
Canali digitali	-
Lunghezza memoria	5 M su tutti I canali
Display	9.0 inch
Serial Bus Trigger and Decode	I²C, SPI, RS-232/422/485/UART, CAN, LIN

Serie MSO2000/DPO2000 **Nuovo!**	
Banda	100 MHz to 200 MHz
Canali Analogici	2, 4
Canali digitali	16 (MSO2000 Series)
Lunghezza memoria	1 M su tutti I canali
Display	7.0 inch
Serial Bus Trigger and Decode	I²C, SPI, RS-232/422/485/UART, CAN, LIN

A questo prezzo non ti puoi aspettare un MSO ! Oggi completiamo la gamma DPO/MSO con questa nuova edizione fino a 200 Mhz di banda passante, 1 Gs/s e una lunga memoria per vedere I tuoi segnali complessi con la possibilita' di fare analisi logica. Il Wave Inspector ti permettera' di visuallizzare I dettagli piu'nascosti e un potente trigger evoluto, di decodificarli in tempo reale. Una piattaforma completa per ogni budget e senza compromessi !

Prova la demo virtuale al sito:
www.tektronix.com/moreforless

Tektronix®

DISTEK Strumenti & Misure
Tel. 081 66 10 03
www.distek.it

Giakova MEASURING INSTRUMENTS
Tel. 02 33512100
www.giakova.com

Selint s.r.l.
Tel. 06 79841028
www.selint.it

© 2008 Tektronix, Inc. All rights reserved. Tektronix products are covered by U.S. and foreign patents, issued and pending. TEKTRONIX and the Tektronix logo are registered trademarks and Wave Inspector is a trademark of Tektronix, Inc.

CODICE MIP 2763483

sommario

287 *maggio 2009*

Zoom in

16 LE CELLE A COMBUSTIBILE

Le Celle a combustibile (Fuel Cell) sono generatori elettrochimici in grado di convertire l'energia chimica del combustibile (H2) in energia elettrica in modo efficiente e diretto. Ecco come funziona.

di Antonio Giannico

Progettare & costruire

30 LETTORE MP3 CON PIC

Vediamo come realizzare un semplice lettore mp3 utilizzando un PIC18F2550 ed il modulo Vmusic2 della FTDI.

Di Francesco Ficili

36 Progettare gli alimentatori (parte IV)

STABILIZZATORE A DIODO ZENER

La realizzazione di una rete di stabilizzazione semplice, con l'ausilio di un componente comunemente usato per tali scopi, il diodo zener.

di Massimiliano Miocchi

40 UNA SCART MULTIPLA MODIFICATA

Questa ciabatta SCART modificata, vi permetterà di lasciare diversi utilizzatori sempre inseriti, evitando interferenze.

di Iginio Commisso (i2UIC)

44 UN THEREMIN CON PIC

La realizzazione dello strumento elettronico più antico del mondo.

di Colin Greaves

52 Controllo Radio per motori DC (parte II)

IL RICEVITORE

In questo numero il ricevitore per il controllore wireless per motori DC.

di Roberto Prestianni

62 PROGETTO TESINA

Allarme ottico-acustico con led bicolore

Lo scopo di questa tesina è quello di realizzare un segnalatore ottico-acustico che possa monitorare una grandezza da tenere sotto controllo.

di Antonio Cecere

L'angolo di Mr A.Keer

68 OPERATORE UNIVERSALE NOR

Con l'analisi del secondo operatore logico universale, noto come NOR, si conclude la presentazione delle porte logiche.

di Giorgio Ober

Imparare & approfondire

74 Lezioni di VHDL (parte II)

SINTASSI E SEMANTICA

La seconda parte del corso introduce gli aspetti lessicali e semantici del linguaggio.

di Francesco Pentella

Rispondi e... VINCI! *pag.* 65

DIVERTITI E METTI ALLA PROVA LE TUE CONOSCENZE CON **ELETTRO QUIZ** E VINCI OGNI MESE ESCLUSIVI PREMI!

82 4013: SARÀ VERSATILE?
In questo articolo spiegheremo cos'è e come si usa un 4013, un integrato Flip Flop tipo D che può essere utilizzato per vari scopi. Qualche spunto per partire e non ci saranno più segreti!.
di Andrea Messori

86 I TERREMOTI E L'ELETTRONICA
Come può essere d'aiuto l'elettronica nella misurazione dei terremoti? La risposta in questo articolo.
di Giovanni Di Maria

Radio & radio

90 SUPERETERODINA PER LA BANDA CB
Costruiamo una semplice supereterodina "quarzata" per ricevere la banda CB.
di Remo Riglioni (IZ0OPG)

Robot Zone

96 Costruire un polso robotico (parte II)
LA REALIZZAZIONE PRATICA
Nel numero scorso è stata analizzata la parte teorica ed ora è il momento di passare alla pratica.
di Federico Pinto

100 Programmare i Lego Mindstorm (parte V)
FUNZIONI, VARIABILI E PUNTATORI
In questo numero tratteremo il passaggio dei parametri e il campo di visibilità delle variabili e dei puntatori.
di Franco Tedeschi e Nicola De Crescenzo

COMING...

...prossimamente su Fare Elettronica

SISTEMI REAL-TIME

CARICABATTERIE FAST

GENERATORE RF 1-30MHZ

rubriche

7 Editoriale
10 Idee di progetto
14 Eventi
51 Elettroquiz
61 Luditronica
66 News

GLI ARTICOLI CONTRASSEGNATI COL SIMBOLO → WWW SONO GIÀ DISPONIBILI IN FORMATO PDF* ALL'INDIRIZZO
www.farelettronica.com/club
**Puoi iscriverti al CLUB di Fare Elettronica versando una piccola quota annuale.*

LUPUS IN FABULA *Altera, 100 - Aurel, 52 - Component Obsolescence Group, 14 - Fluke, 80 - FTDI, 30 - Fujitsu, 100 - Lego, 102 - Microchip, 30, 46, 52, 80 - MSC Vertriebs. 80 - Omron, 100 - Vincotech, 80.*

elenco inserzionisti

Blu Nautilus pag. 13
Piazza Tre Martiri 24 - 47900 Rimini (RN)
Tel. 0541 439575 - www.blunautilus.it

D.A.E. Telecomunicazioni pag. 79
Via Monterainere 27 - 14100 Asti (AT)
Tel. 0141 590484 - www.dae.it

Eiom pag. 29
viale Premuda, 2 - 20129 Milano
Tel. 02 55181842 - www.eiomfiere.it

Elettroshop pag. 101
via Cadorna, 27/31 - 20032 Cormano (MI)
Tel. 02 66504794 - www.elettroshop.com

Fiera di Pescara pag. 45
via Siena, 22 - 65122 Pescara
tel. 085 4215840

Futura Elettronica pag. 9-65
Via Adige, 11 - 21013 Gallarate (VA)
Tel. 0331 792287 - www.futuranet.it

Maxwell Lab pag. 69
Via Nenni, 19 - 26019 Vailate (CR)
Tel. 0363 340983 - www.maxwell-lab.com

Microchip pag. 6-51
Via S. Quasimodo, 12 - 20025 Legnano (MI)
Tel. 0331 7426110 - www.microchip.com

MikroElektronica pag. 57
Visegradska, 1A - 11000 Belgrade
Tel. +381 11 3628830 – www.mikroe.com

Micromed pag. 39
Via Valpadana 126B/2 - 00141 Roma (RM)
Tel. 06 82000066 - www.micromed.it

Millennium Dataware pag. 43
Corso Repubblica 48 - 15057 Tortona (AL)
Tel. 0131 860254 - www.mdsrl.it

Nital pag. 94
Via Tabacchi 33 - 10132 Torino (TO)
Tel. 011 8144332 - www.irobot.it

PCB Pool pag. 79
Bay 98-99 Shannon Free Zone
Shannon - County Clare
Tel. 02 64672645 – www.pcb-pool.com

RS Components pag. 23
Via M. V. De Vizzi, 93/95 - 20092 Cinisello Balsamo (MI)
Tel. 02 66058257 - rswww.it

Rutronik Italia pag. 59
Via Caldera, 21 - 20153 Milano
te. 02 409511 - www.rutronik.com

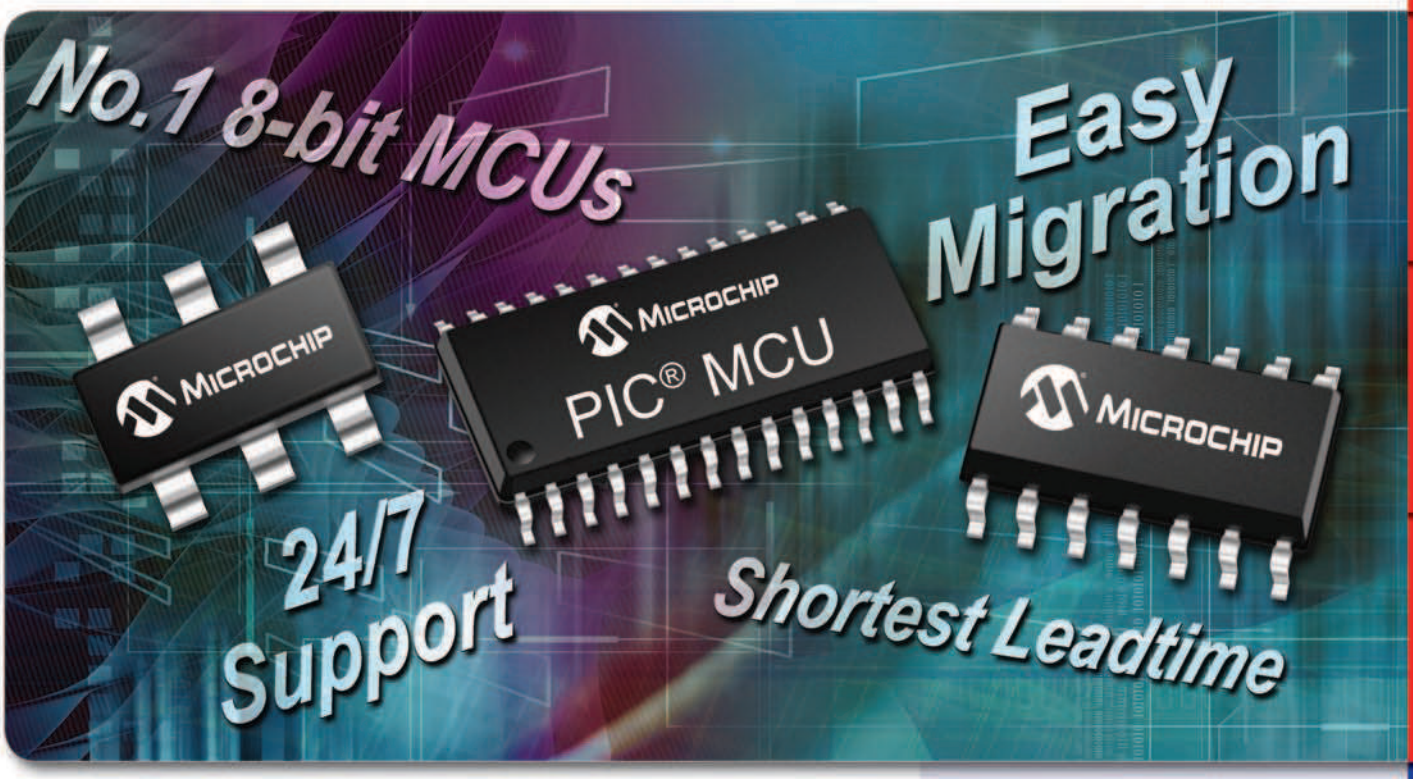
Tecnoimprese pag. 81
V. Console Flaminio, 19 - 20134 Milano (MI)
Tel. 02 210111244 - www.tecnoimprese.it

Tektronix pag. 3
Via XI Febbraio 99 - 20090 Vimodrone (MI)
Tel. 02.250861 - www.tektronix.com

Teltools pag. 15
Via della martinella 9 - 20152 Milano
www.carrideo.it - www.teltools.it

Yamaichi Electronics Italia pag. 58
Centro Colleoni - Palazzo Taurus Ingresso 1
20041 Agrate Brianza (MI)
Tel. 039 6881185 - www.yamaichi.eu

I Microcontroller a 8-bit più diffusi!
Il miglior supporto clienti.



CODICE MIP 2761821

La famiglia di microcontroller a 8-bit più diffusi al mondo: il miglior supporto clienti e i tempi di consegna più rapidi - da 3 a 4 settimane!

Con oltre 400 differenti varianti, potrete sempre contare su un microcontroller PIC® a 8-bit adatto a qualsiasi progetto. La famiglia di 8-bit Microchip include oggi i microcontroller con gli ingombri più contenuti, con le periferiche più veloci e con prestazioni fino a 16 MIPS.

La compatibilità a livello di pin e di codice facilita la migrazione all'interno della famiglia di prodotti a 8-bit e verso i progetti a 16-bit: l'IDE gratuito MPLAB® supporta TUTTI i microcontroller a 8-, 16- e 32-bit di Microchip – da 6 fino a 100 pin!

Con oltre 7 miliardi di microcontroller PIC attualmente in circolazione in tutto il mondo e grazie al costante incremento degli investimenti per lo sviluppo dei prodotti e per il supporto dei clienti potrete essere certi che Microchip è sempre a vostra completa disposizione, soprattutto nei momenti più duri.

Il supporto offerto da Microchip è estremamente completo: partendo dall'Advanced Part Selector (MAPS), abbraccia tutto il ciclo di progettazione grazie a una serie di potenti tool di sviluppo gratuiti o a basso costo, di risorse regionali di training online e di completi servizi di supporto tecnico 24/7.

- Ingombri ridotti, costi minimi - MCU PIC10 e PIC12
- Periferiche avanzate - MCU PIC16
- Massime prestazioni - MCU PIC18

Supporto 24/7

- Solo Microchip offre un supporto completo 24/7
- Ampliato il team di Field Application Engineer di supporto
- Ampliato il team di Customer Application Engineer di supporto
- Ampliato il Customer Training Support con nuovi Centri di Formazione Regionali (RTC)

Here2Help YOU Now&Tomorrow...

Se volete la garanzia del miglior supporto di prodotto e di una totale disponibilità, rivolgetevi a Microchip!

microchip DIRECT www.microchipdirect.com

www.microchip.com/8bit

MICROCHIP

Il nome e il logo Microchip, il logo Microchip, MPLAB e PIC sono marchi registrati da Microchip Technology Incorporated negli USA e in alte nazioni. Tutti gli altri marchi appartengono ai rispettivi titolari.
© 2009, Microchip Technology Incorporated. Tutti i diritti riservati. ME223Ita/03.09

Microcontrollers | Digital Signal Controllers | Analog | Serial EEPROMs

di MAURIZIO DEL CORSO

SUONARE *via etere*

Il Theremin è il più antico strumento elettronico che sia stato inventato dall'uomo. Originariamente ingombrante e costoso, oggi possiamo realizzarne uno impiegando un microcontrollore ed una manciata di componenti esterni

Nel 1919 il russo Leon Theremin mise a punto la sua invenzione frutto di una scoperta fatta casualmente: uno strumento musicale da suonare con i soli movimenti delle mani senza alcun contatto con lo strumento stesso. Per questa sua caratteristica venne battezzato come "eterofono" ma solo alcuni anni dopo, quando nel 1928 lo strumento venne esportato oltre oceano, prese il nome del suo inventore. Il principio di funzionamento è basato sul fenomeno del "battimento" ovvero l'interferenza di due onde non udibili di frequenza leggermente diversa tra loro che origina una nuova onda di frequenza pari alla differenza tra le due frequenze originali. Se tale differenza cade nel range dell'udibile ecco fatto il Theremin! La frequenza viene modulata avvicinando o allontanando le mani dai sensori dello strumento che trasforma quindi il movimento in suoni. Per farvi apprezzare questo strumento musicale ne proponiamo una versione moderna, a microcontrollore, dove l'elemento sensibile non è un'antenna ma una foto-resistenza.

In questo numero abbiamo dedicato spazio anche ad una argomento quanto mai attuale: i terremoti. In particolare scoprirete come l'elettronica sia utile nella previsione e rilevazione di fenomeni sismici e quali siano le tecniche e gli strumenti di lavoro del "sismologo".

in fatto di "campagne"... la nostra non ha rivali

ABBONATI SUBITO!!!

e risparmi fino al 50%

DIRETTORE RESPONSABILE
Antonio Cirella

DIRETTORE TECNICO
Maurizio Del Corso

Comitato Scientifico
Simone Masoni (Microtest), Francesco Picchi (Microtest), Massimo Rovini (Università degli Studi di Pisa), Tiziano Galizia (Tigal), Claudio Turchetti (Università Politecnica delle Marche).

Art Director
Patrizia Villa

Hanno collaborato in questo numero:
Antonio Cecere, Iginio Commisso, Francesco Di Lorenzo, Giovanni Di Maria, Francesco Ficili, Andrea Messori, Massimiliano Miocchi, Giorgio Ober, Francesco Pentella, Federico Pinto, Roberto Prestianni, Remo Riglioni, Franco Tedeschi.

Direzione Redazione Pubblicitá International Advertisement
INWARE Edizioni srl
Via Cadorna, 27/31
20032 Cormano (MI)
Tel. 02.66504755
Fax 02.66508225
info@inwaredizioni.it
www.inwaredizioni.it
Redazione: fe@inwaredizioni.it

Stampa
In-Print s.p.a.
Via Milano, 266
20021, Baranzate (MI)

Distribuzione
Parrini & C. S.p.a.
Viale Forlanini, 23
20134 Milano

Ufficio Abbonamenti
INWARE Edizioni srl
Via Cadorna, 27/31
20032 Cormano (MI)
Per informazioni, sottoscrizione o rinnovo dell'abbonamento:
abbonamenti@inwaredizioni.it
Tel. 02.66504755
Fax. 02.66508225
L'ufficio abbonamenti è disponibile telefonicamente dal lunedì al venerdì dalle 14,30 alle 17,30.
Tel. 02.66504755
Fax 02.66508225

Abbonamento per l'Italia:
€ 49,50
Abbonamento per l'estero:
€ 115,00
Gli arretrati potranno essere richiesti, per iscritto, a **€ 9,00** oltre le spese di spedizione

Autorizzazione alla pubblicazione
Tribunale di Milano n.647
del 17/11/2003

© Copyright
Tutti i diritti di riproduzione o di traduzione degli articoli pubblicati sono riservati. Manoscritti, disegni e fotografie sono di proprietà di Inware Edizioni srl. È vietata la riproduzione anche parziale degli articoli salvo espressa autorizzazione scritta dell'editore. I contenuti pubblicitari sono riportati senza responsabilità, a puro titolo informativo.

Privacy
Nel caso la rivista sia pervenuta in abbonamento o in omaggio, si rende noto che i dati in nostro possesso sono impiegati nel pieno rispetto del D.Lgs. 196/2003. I dati trasmessi a mezzo cartoline o questionari presenti nella rivista, potranno venire utilizzati per indagini di mercato, proposte commerciali, o l'inoltro di altri prodotti editoriali a scopo di saggio. L'interessato potrà avvalersi dei diritti previsti dalla succitata legge. In conformità a quanto disposto dal Codice di deontologia relativo al Trattamento di dati personali art. 2, comma 2, si comunica che presso la nostra sede di Cormano Via Cadorna 27, esiste una banca dati di uso redazionale. Gli interessati potranno esercitare i diritti previsti dal D.Lgs. 196/2003 contattando il Responsabile del Trattamento Inware Edizioni Srl (info@inwaredizioni.it).

Collaborare con FARE ELETTRONICA
Le richieste di collaborazione vanno indirizzate all'attenzione di Maurizio Del Corso (m.delcorso@inwaredizioni.it) e accompagnate, se possibile, da una breve descrizione delle vostre competenze tecniche e/o editoriali, oltre che da un elenco degli argomenti e/o progetti che desiderate proporre.

Maggiore sicurezza e protezione con i nostri DVR.

Vasta scelta di DVR per qualsiasi esigenza di videosorveglianza. Tutti i modelli sono dotati di interfaccia Ethernet per controllo a distanza tramite Internet.

Set completo
per videosorveglianza con monitor LCD da 17"

Si installa in pochi minuti! Possibilità di connessione ad un router ADSL per controllo remoto tramite Internet. Più di tre mesi di registrazione continua sull'hard disk interno.

Il sistema comprende:
- 1 pz DVR 4 canali 100 FPS (cod. FR367ASV)
- 1 pz Hard Disk 320 GB SATA
- 1 pz Monitor VGA 17"
- 2 pz Telecamera con IR (cod. CP297)
- 2 pz Alimentatore per telecamera
- 1 pz Cavo video 5 metri
- 1 pz Cavo video 10 metri
- 2 pz Adattatore BNC/RCA

Convertitore HDD SATA/ATA FR376

Semplice convertitore che permette di utilizzare i nuovi Hard Disk SATA, con dispositivi (DVR, PC, ecc...) dotati d'interfaccia IDE/ATAPI.

36,00

HDD 320GB SATA

Velocità di trasferimento (7200 rpm) e riduzione degli errori grazie agli 8MB di buffer. Formato 3,5 pollici, rumorosità 32 dB. Ideale per essere utilizzato con i nostri DVR dotati d'interfaccia SATA. SATAHD320GB

79,00

Principali caratteristiche dei nostri DVR

Codice		Canali	Interfaccia	HDD	Compressione	IPS	Uscita video	IN/OUT audio	Telecom. IR	IN/OUT allarme	Prezzo
DVR4L1		4	Ethernet USB (pendrive)	IDE/ATA (interno)	MPEG4 (CIF) / MJPEG (FRAME)	100	Comp.	1/1	-	4/1	€ 274,00
FR337		4	CD-RW Ethernet USB (pendrive) RAID	IDE/ATA (interno)	MPEG4 (CIF) / MPEG4 (FRAME)	100	Comp.	2/1	-	4/1	€ 550,00
FR371		4	DVD-RW Ethernet USB (pendrive)	IDE/ATA (interno)	MPEG4 (CIF) / MPEG4 (FRAME)	100	Comp.	2/1	•	4/1	€ 596,00
FR329AS		4	Ethernet	SATA (interno)	MPEG4 (CIF) / MPEG4 (FRAME)	100	Comp.	1/1	-	4/1	€ 264,00
FR375		4	Ethernet USB (pendrive)	SATA (interno)	H264	100	VGA Comp.	4/1	•	4/1	€ 420,00
FR374		4	Ethernet USB (collegamento PC-Backup)	SATA (interno)	MPEG4 (CIF) / MPEG4 (FRAME)	50	Comp.	1/1	•	4/1	€ 220,00
FR367AS		4	Ethernet USB (pendrive)	SATA (interno)	MPEG4 (CIF) / MPEG4 (FRAME)	100	Comp.	1/1	•	4/1	€ 330,00
FR367ASV		4	Ethernet USB (pendrive)	SATA (interno)	MPEG4 (CIF) / MPEG4 (FRAME)	100	VGA Comp.	1/1	•	4/1	€ 360,00
FR334		8	CD-RW Ethernet USB (pendrive) RAID	IDE/ATA (interno)	MPEG4 (CIF) / MPEG4 (FRAME)	200	Comp.	4/2	•	8/1	€ 990,00
DVR16N		16	Ethernet USB (pendrive)	IDE/ATA (interno)	MPEG4 (CIF) / MPEG4 (FRAME)	100	Comp.	4/1	•	16/1	€ 890,00
FR335		16	CD-RW Ethernet USB (pendrive) RAID	IDE/ATA (interno)	MPEG4 (CIF) / MPEG4 (FRAME)	400	Comp.	4/2	•	16/1	€ 1.320,00
FR372		16	DVD-RW Ethernet USB (pendrive) RAID	IDE/ATA (interno)	MPEG4 (CIF) / MPEG4 (FRAME)	400	Comp.	4/2	•	16/1	€ 1.420,00

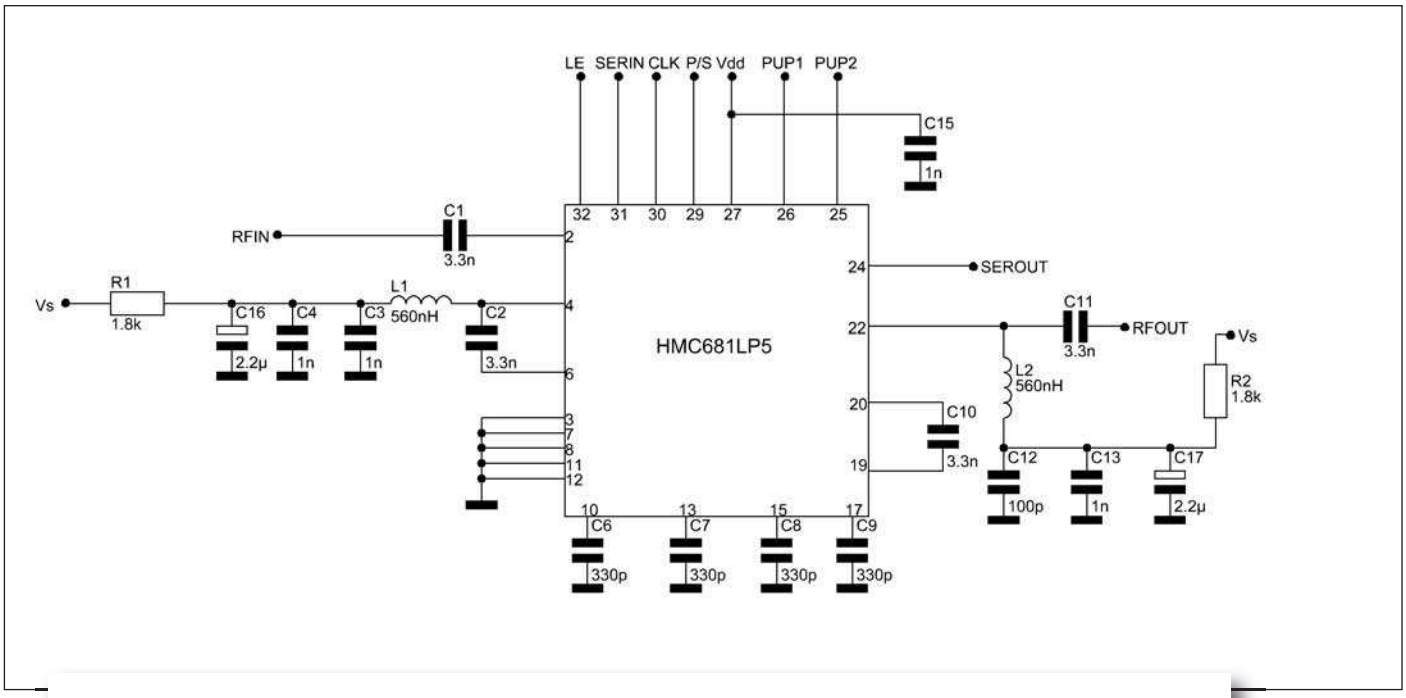
NOTA: I videoregistratori digitali vengono forniti senza Hard Disk. Tutti i DVR sono alimentati a bassa tensione mediante specifico adattatore da rete (incluso). V. comp. = uscita segnale videocomposito (con connettore BNC) per monitor tradizionali di tipo analogico.

CODICE MIP 2753539

FUTURA ELETTRONICA idee in elettronica
Via Adige, 11 • 21013 Gallarate (VA)
• Tel. 0331/799775 • Fax. 0331/792287

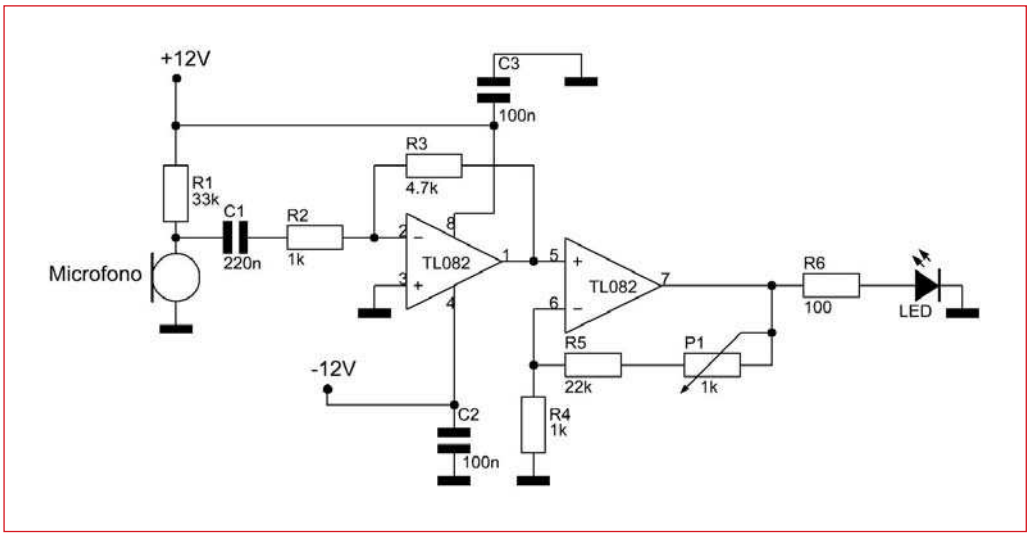
Maggiori informazioni su questi prodotti e su tutte le altre apparecchiature sono disponibili sul sito *www.futurashop.it* tramite il quale è anche possibile effettuare acquisti on-line.

Tutti i prezzi sono da intendersi IVA inclusa.



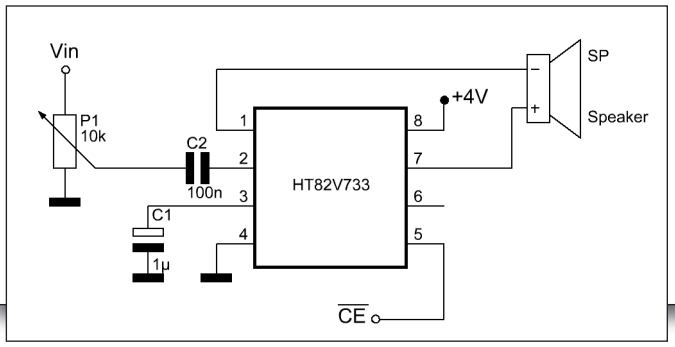
HMC681LP5

Questo circuito integrato è un controllore digitale che permette di variare il suo guadagno, operando in corrente continua e lavorare con frequenze di ingresso dell'ordine di 1 GHz. Questa serie di amplificatori digitali incorporano al loro interno particolari condensatori che gli permettono di essere utilizzati in moltissime applicazioni in RF. In figura è riportata una tipica configurazione idonea per diverse applicazioni.



LED CONTROLLATO DALLA MUSICA

Questo semplicissimo circuito permette di regolare l'intensità luminosa del led a seconda del suono che viene captato dal microfono. I due operazionali provvedono ad amplificare il segnale proveniente dal microfono per renderlo idoneo al pilotaggio del led. Il circuito va alimentato con una tensione duale di 12V.

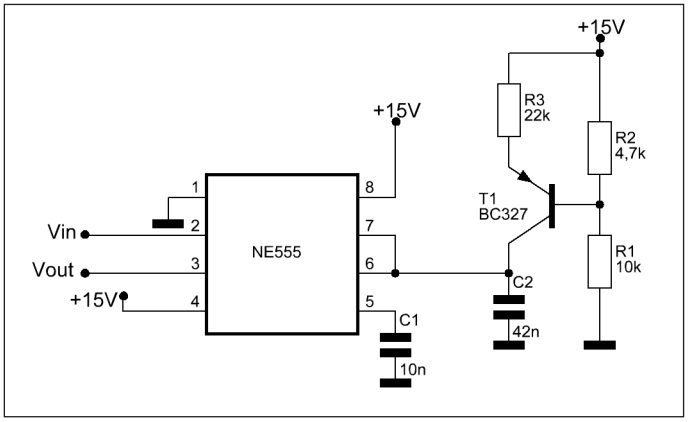


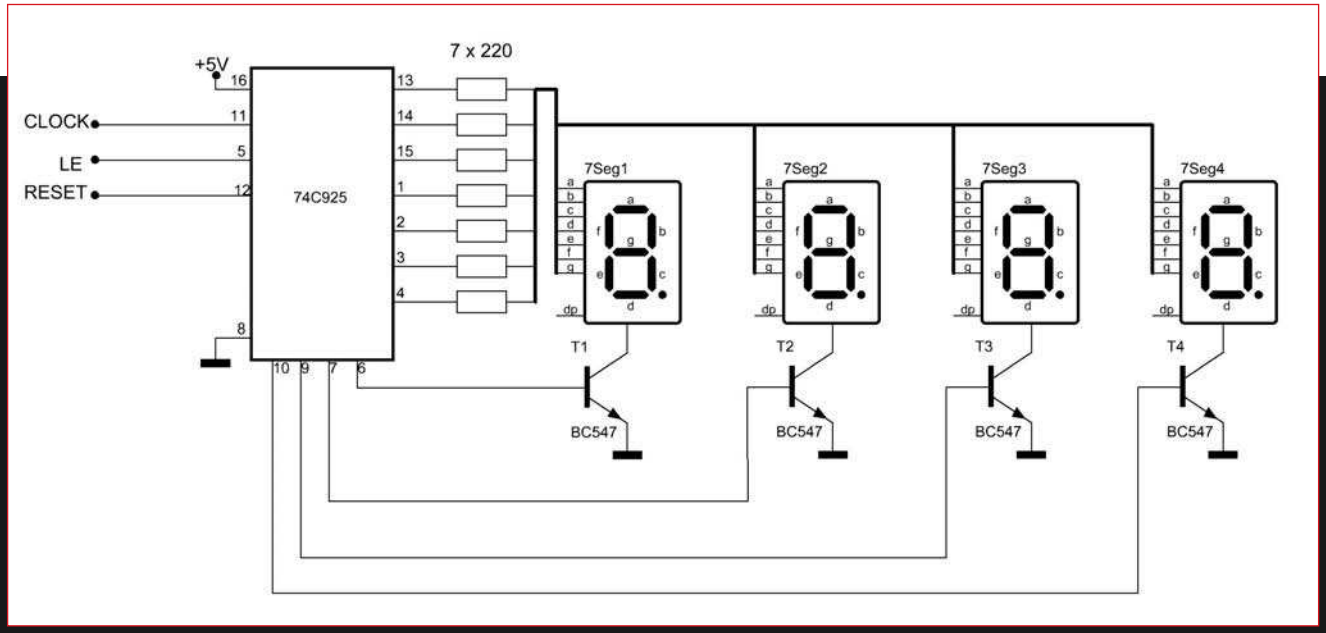
HT82V733

Questo integrato prodotto dalla Holtek, è un amplificatore di classe AB del tipo MONO, in grado di erogare 240mA e particolarmente adatto per dispositivi portatili. L'integrato fornisce 240mA con una tensione di alimentazione di 5V, ma può essere alimentato anche con 3V, fornendo in questo caso quasi la metà della corrente. Il carico che è possibile collegare va dai 4 ohm ai 16 ohm. Questo integrato dalle dimensioni ridotte ha una bassa distorsione, una buona risposta in frequenza e un alto slew rate. Mediante il pin 5 è possibile disattivare il chip, funzione può essere sfruttata per avere una funzionalità di tipo MUTE.

GENERATORE DI RAMPA

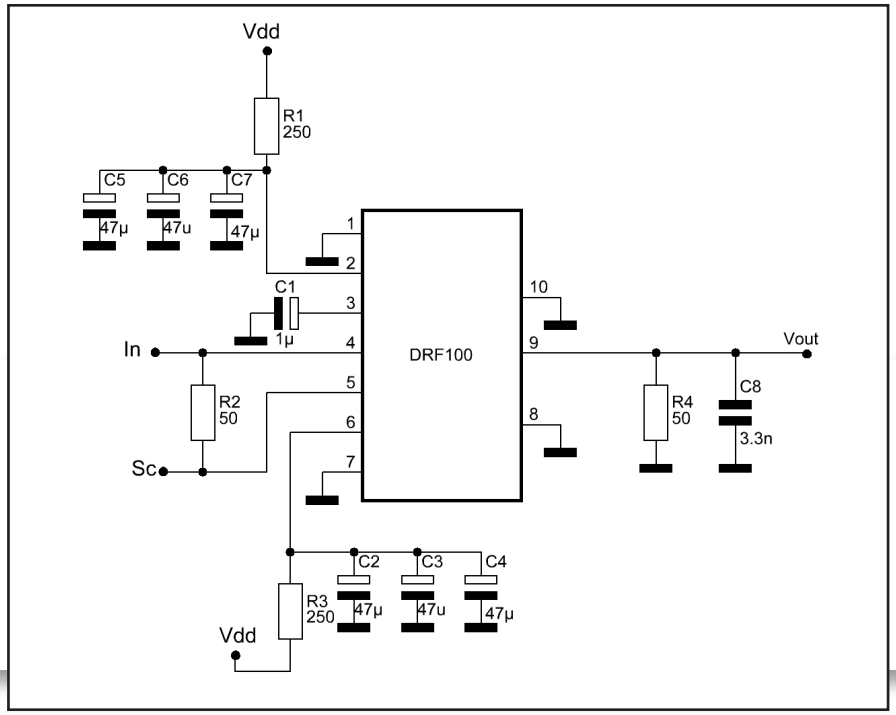
Il generatore di rampa rappresentato in figura viene realizzato mediante un NE555. Il circuito è caratterizzato da una buona linearità grazie al fatto che il condensatore C viene caricato a corrente constante. La corrente viene fornita dal transistor BC327. Il circuito permette di ottenere rampe di tensione di durata di tempo pari a t=(2Vcc x C)/3Ic





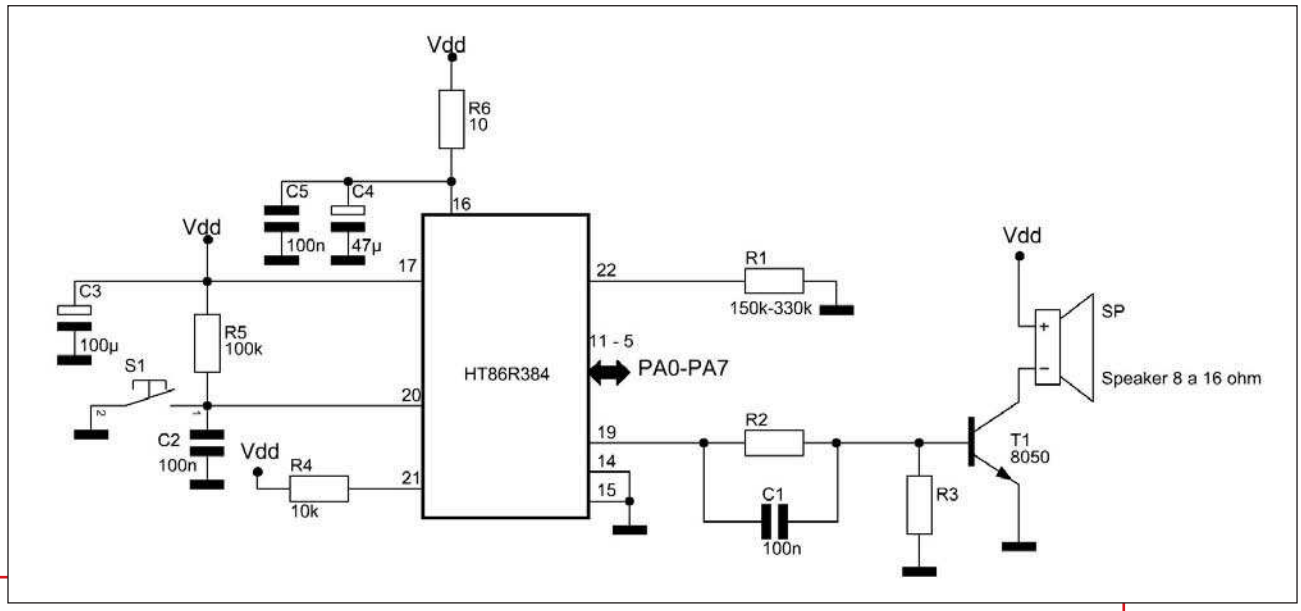
CONTROLLO SEQUENZIALE DI 4 DISPLAY MEDIANTE 74C925

In figura è rappresentato un tipico circuito in grado di controllare in maniera sequenziale 4 Display.
Il circuito integrato utilizzato è un 74c925 che contiene al suo interno un decodificatore BCD, un oscillatore collegato al multiplexer per pilotare i 4 Display, 4 latch da 4Bit e 4 contatori modulo 10. Il circuito va alimentato con una tensione di 5 V.



DRF100

Questo circuito integrato prodotto dalla APT, è un driver ad alata velocità per Mosfet. Il DRF100 produce in uscita una corrente massima che varia dagli 8A ai 10A, dissipando una potenza di 100W. Questo integrato è adatto per applicazioni quali: pilotaggio di diodi laser, interfacce per amplificatori digitali, generatori di impulsi, pilotaggio di trasduttori ad ultrasuoni.



HT86R348

L'HT86R348 è un microcontrollore a 8 bit che svolge la funzione di sintetizzatore vocale e generatore di tono. È in grado di fornire diverse frequenze di campionamento, livelli di suono, tempi di sintetizzatore vocale e di generare melodie. L'integrato incorpora al suo interno un potentissimo convertitore D/A, per ottenere al meglio gli effetti sonori. Applicazioni tipiche sono come generatore di effetti sonori e sistemi d'allarme. Il valore di R2 deve essere maggiore di R3, mentre il valore di R1 varia a seconda del valore di frequenza.

Expo Elettronica

Torino

23-24 maggio 09

Oval Lingotto - ore 9 / 18

MOSTRA MERCATO DI:

informatica, accessori per telefonia,
hardware e software, ricezione satellitare,
hobbistica, DVD e Games, materiali di consumo.

MERCATINO DELL ' USATO

VALE COME RIDOTTO

rif. Fare Elettronica

CODICE MIP 2758401

Con il patrocinio del

Ministero dello Sviluppo Economico

Organizzazione e informazioni:

BLU Nautilus tel 0541 439573 - www.expoelettronica.it

29 giugno 1° luglio 2009

6.a conferenza internazionale COG 2009

I Component Obsolescence Group (COG) annuncia la Sesta conferenza internazionale COG, 'Sfide per l'Obsolescenza e la Manutenibilità nel 21simo Secolo' che si terrà dal 29 Giugno al Primo Luglio 2009 presso il St John's College, Cambridge, Regno Unito. L'evento della durata di tre giorni inizierà con un workshop sulla "Gestione dell'Obsolescenza nelle Apparecchiature Legacy", seguito da un ricevimento serale per i delegati il 29 Giugno. I due giorni di presentazioni forniranno un'analisi approfondita di una gamma di problemi di attualità legati all'obsolescenza, compresa la contraffazione, da figure di spicco dell'industria nei settori della fabbricazione, della distribuzione e dei servizi come pure dalle organizzazioni Governative: il MInistero della Difesa, UKEA e IECQ. Una cena di gala, organizzata nella sala da pranzo del sedicesimo secolo del St John's College, a Cambridge, il 30 Giugno, avrà come oratore ospite Ian Woodall, che ha scalato la cima dell'Everest due volte e ha guidato quattro volte una spedizione per l'Everest, il quale presenterà 'Il Tao dell'Everest - Il Lato più Leggero" .

Dove: Cambridge (UK) **Quando:** dal 29/ Giugno a 1 Luglio 2009 **Organizzazione:** Component Obsolescence Group

info: www.cog.org.uk/conferences.asp

Codice MIP 2764113

23-24 maggio 2009

EXPO ELETTRONICA **Torino**

Un nuovo appuntamento all'Oval Lingotto, la struttura polivalente coperta che sorge nell'area tra il Lingotto e il Villaggio Olimpico: la rassegna Expo Elettronica evento dedicato all'elettronica di consumo e professionale dove acquistare tutto quanto "fa" elettronica. Expo Elettronica è un circuito conosciuto ed apprezzato da svariate migliaia di consumatori in tutto il Centro e Nord Italia, grazie alla presenza di espositori qualificati, che propongono i prodotti più interessanti e rari ai prezzi più bassi del mercato.

Dove: *Torino* **Quando:** *23-24 Magigo 2009* **Orari:** *dalle 9.00 alle 18.00* **Organizzazione:** *Blunautilus* *info: www.expoelettronica.it*

Codice MIP 2764115

26-28 giugno 2009

HAM RADIO

Un appuntamento storico per i radioamatori giunto quest'anno alla sua 34° edizione. l'Ham Radio di Friedrichshafen è la fiera europea di riferimento per radioamatori ed hobbisti elettronici che attrae visitatori da tutto il mondo. In occasione della fiera si terranno workshop e conferenze di sicuro interesse per gli appassionati del settore.

Dove: Friedrichshafen, Germania

Quando: 26-28 Giugno 2009

Orari: 26-27/6 dalle 9.00 alle 18.00,
28/6 dalle 9.00 alle 15.00

Organizzazione: Messe Friedrichshafen

info: www.hamradio-friedrichshafen.de

Codice MIP 2764121

6-7 giugno 2009

RADIANT and Silicon

RADIANT, un classico, coi suoi oltre sessantamila visitatori annui, si ripropone con i suoi settori, ben noti al pubblico affezionato (l'elettronica, l'informatica, la telefonia, il radiantismo, l'editoria specializzata, la TV satellitare, l'hobbistica, il surplus, la radio d'epoca) e accomunati da un unico comune denominatore: il risparmio. Il pubblico, infatti, accorre numeroso per approfittare dei prezzi favorevoli e per fare incetta di tutto quel materiale che, attraverso i normali canali di distribuzione, verrebbe a costare molto più caro. Presenti, come di consueto, l'A.I.R.E. (Associazione Italiana per la Radio d'Epoca), l'A.R.I. (Associazione Radioamatori Italiani) sezione di Milano, la F.I.R. - C.B. (Federazione Italiana Ricetrasmissioni Citizen's Band), e l'A.I.R. (Associazione Italiana Radioascolto).

Dove: Novegro (MI) **Quando:** 6-7 Giugno 2009 **Orari:** dalle 9.00 alle 18.00, domenica dalle 9 alle 17 **Organizzazione:** COMIS

info: www.parcoesposizioninovegro.it

Codice MIP 2764117

13-14 giugno 2009

COMPUTERFEST & RADIOAMATORE

Fiera dell'elettronica, CD, randiantistica, editoria specializzata, telefonia cellulare.

Dove: *Longarone (BL)* **Quando:** *13-14 Giugno 2009* **Orari:** *dalle 9.00 alle 18.00*

Organizzazione: *Compendio Fiere* *info: www.compendiofiere.it*

Codice MIP 2764119

6-7 giugno 2009

Fiera mercato dell'elettronica del Fucino

Si terrà ad Avezzano (AQ) presso il pala ghiaccio la prossima edizione della fiera mercato dell'elettronica del Fucino. Una mostra mercato di computer, telefonia, internet, antenne, TVsat, editoria e articli per radioamatori.

Dove: *Avezzano* **Quando:** *6-7 Giugno 2009* **Orari:** *dalle 9.15 alle 12.30 e dalle 15.30 alle 21.00*

Organizzazione: *ARI Pescara* *info: www.aripescara.org*

Codice MIP 2764123

23-24 MAGGIO 2009

ELETTRON 2009

Organizzato da AFI (Associazone Fieristi Italiani) torna ELETTRON 2009 la mostra mercato di Informatica, Radiantismo, Elettronica, Telefonia, e da quest'anno le ENERGIE ALTERNATIVE. L'appuntamento è al museo di Piana delle Orme di Latina. Ampio pargheggio, area Camper, area Pic-nic, Parco Giochi, Ristorante Agriturismo, Self Service "La mensa del contadino"

Dove: Latina Quando: 23-24 Magigo 2009 Orari: dalle 9.30 alle 19.00

Organizzazione: AFI2006 *info: www.afi2006.org*

Codice MIP 2764125

30-31 MAGGIO 2009

MOSTRA MERCATO DI ELETTRONICA

39° edizione della mostra mercato organizzata dalla sezione di Terni dell'ARI. La fiera si terrà il 30 e 31 maggio presso la Comunità Incontro Molino Silla ad Amelia in provincia di Terni. La mostra sarà aperta in orario continuato dalla 9 alle 19 il sabato e dalle 9 alle 18 la domenica.

Dove: Amelia (Terni)

Quando: 30-31 Magigo 2009

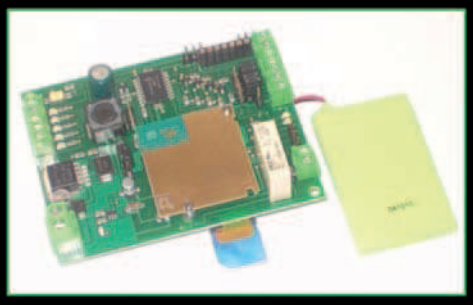
Orari: Sabato dalle 9.30 alle 19.00, Domenica dalle 9.00 alle 18.00

Organizzazione: ARI Terni

info: www.ariterni.it

Codice MIP 2764127

www.carrideo.it



CODICE MIP 2755599

Combinatori gsm – Telecontrolli bidirezionali via sms, gprs, web - Localizzatori gprs-gps ...

fare elettronica

SERVIZIO MIP

MORE INFO PLEASE!

IL SERVIZIO UTILIZZABILE PER RICHIEDERE MAGGIORI INFORMAZIONI SUI CONTENUTI DI FARE ELETTRONICA

ONLINE:

www.farelettronica.com/mip

VIA FAX: 02 66508225

NUMERO DELLA RIVISTA 287

INSERISCI I CODICI MIP PER I QUALI DESIDERI RICEVERE INFORMAZIONI. UTILIZZA IL NUMERO MIP CHE COMPARE ALLA FINE DI OGNI ARTICOLO O ALL'INTERNO DELLE PAGINE DI TUO INTERESSE.

DATI DEL LETTORE

Nome Cognome

Azienda Indirizzo Azienda

Città Cap Prov. Nazione

Tel. Fax

e-mail

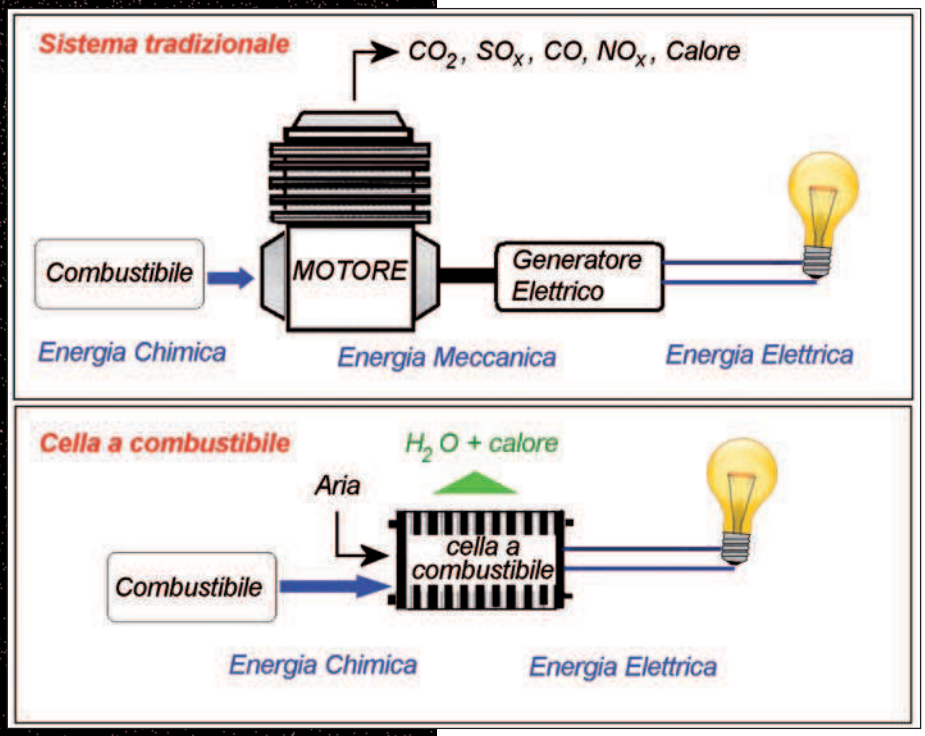
Privacy. Ai sensi del Decr. Lgs. 196/2003 la informiamo che i dati trasmessi verranno impiegati coi principali scopi di indagini di mercato e nelle modalità previste dallo stesso, prevalentemente con mezzi informatici. Il conferimento, di norma facoltativo, è obbligatorio per permettere il rapporto commerciale. È in ogni caso fatto diritto dell'interessato esercitare i propri diritti, nei modi previsti dal "Titolo II art. 7" della legge sopra citata, scrivendo a Inware Edizioni Via Cadorna 27 – 20032 Cormano o trmite email a info@inwaredizioni.it

di ANTONIO GIANNICO

FUEL CELL
le celle a combustibile

Figura 1: schematizzazione energetica di un cella a combustibile.

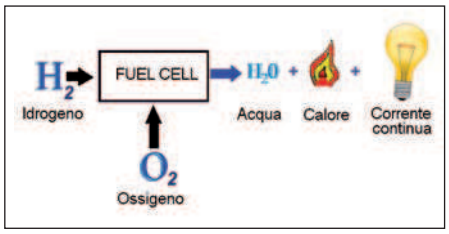
Figura 2: confronto tra sistema a combustione interna e sistema basato su celle a combustibile

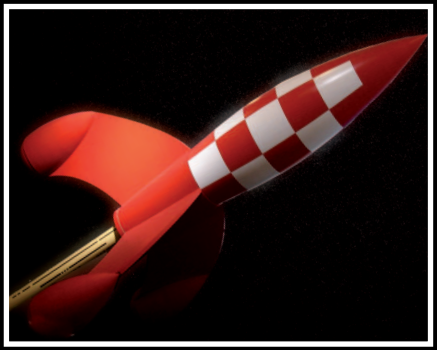


Le Celle a combustibile (Fuel Cell) sono generatori elettrochimici in grado di convertire l'energia chimica del combustibile (H_2) in energia elettrica in modo efficiente e diretto. L'assenza di conversione calore-lavoro-energia elettrica, tipica dei tradizionali cicli termodinamici di potenza, ne fa una tecnologia che potrebbe rivoluzionare il mondo dell'energia. Analizziamone il principio di funzionamento, le applicazioni, le prospettive

Una Cella a combustibile (anche detta pila a combustibile o Fuel Cell) è un generatore elettrochimico che basa il proprio funzionamento su fenomeni che permettono di ottenere elettricità dall'energia chimica di una reazione. Il funzionamento, che si basa sulla conversione diretta di energia chimica in energia elettrica e la struttura realizzativa, caratterizzata dalla presenza di due elettrodi, la rendono funzionalmente simile ad una batteria. Le celle a combustibile sono tuttavia differenti dalle tradizionali batterie poiché non si esauriscono e non si ricaricano nel modo tipico di una pila ma funzionano fino a che si continua a fornire loro (ai due elettrodi) un combustibile e un agente ossidante. All'interno di una cella a combustibile, infatti, avviene una reazione di combustione controllata che vede protagonisti **(figura 1)**:

- un combustibile: tipicamente idrogeno (H_2);
- un comburente: ossigeno (O_2) o aria;
- il risultato della reazione: acqua (H_2O)+calore+corrente elettrica.





In pratica, a partire dall'idrogeno, alla fine del ciclo si produce energia ed acqua pura. Caratteristiche quali gli elevati rendimenti di conversione (compresi tipicamente tra il 40 ed il 70%), emissioni zero (se la cella è alimentata direttamente ad H_2), CO_2 sequestrabile (se la cella è alimentata indirettamente mediante reforming di idrocarburi), produzione nulla di NO_x ed il funzionamento di tipo statico (assenza di rumore e vibrazioni meccaniche) configurano quella delle celle a combustibile come una tecnologia innovativa che potrebbe nel tempo rivoluzionare il mondo dell'energia.

CONFRONTO CON UN SISTEMA TRADIZIONALE

Le celle a combustibile presentano importanti vantaggi rispetto a sistemi tradizionali di generazione di energia elettrica caratterizzati da un ciclo termodinamico di potenza basato sulla conversione calore-lavoro-energia elettrica. Esse permettono, infatti, la conversione diretta e in modo pulito di energia chimica in energia elettrica, a partire dalle sostanze reagenti **(figura 2)**. La conversione diretta è uno degli aspetti che rende la cella altamente efficiente, caratteristica favorita anche dal funzionamento statico, da un punto di vista meccanico, in quanto privo di vibrazioni. L'efficienza è, in ultima analisi, limitata unicamente da fenomeni quali la catalisi e la resistenza interna. In una macchina basata su un ciclo termico, il calore generato dalla combustione non può essere convertito completamente in energia elettrica, come si evince dal teorema di Carnot; infatti per il secondo principio della termodinamica il massimo rendimento termodinamico η_{max}, che rappresenta l'efficienza di una macchina termica che lavora tra una temperatura più elevata T_a e una più bassa T_b (per esempio l'ambiente), vale:

$$\eta_{\max} = 1 - \frac{T_b}{T_a}$$

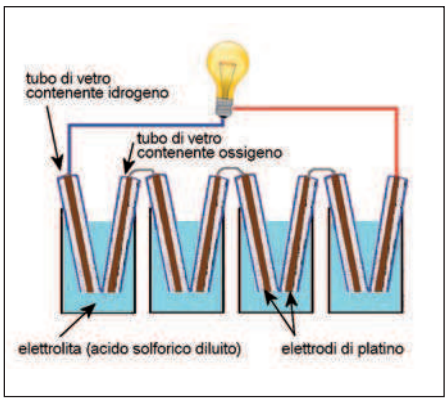


Figura 3: cella a combustibile di Grove.

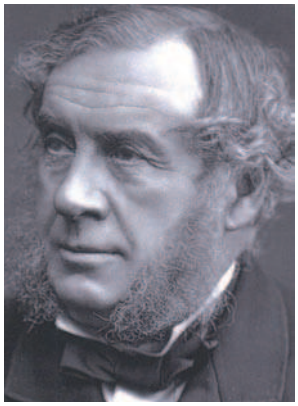


Figura 4: sir William Robert Grove (1811-1896) inventore della prima cella a combustibile della storia [1].

Un po' di storia: dalla cella di Grove ai veicoli spaziali

Le basi della tecnologia delle celle a combustibile risalgono alla prima metà del 1800 e precisamente a 1839 quando un fisico, nonché avvocato gallese, Sir William Robert Grove (1811-1896) mise a punto, sulla base di lavori teorici condotti da Christian Friedrich Schönbein, il primo prototipo della storia di cella a combustibile. La cella era composta da due elettrodi di platino, ciascuno racchiuso in un cilindro di vetro, il primo riempito di ossigeno ed il secondo di idrogeno (Figura 3). I due elettrodi erano immersi in acido solforico diluito (elettrolita). La miscela di idrogeno ed ossigeno in presenza dell'elettrolita produceva elettricità e come unico scarto di emissione acqua. Grove comprese che la tensione che poteva raccogliere agli elettrodi era esigua per cui replicò la cella un certo numero di volta realizzandone una connessione serie. Successivamente William White Jaques condusse esperimenti analoghi usando come elettrolita acido fosforico al posto dell'acido solforico, ma con risultati piuttosto scarsi. L'invenzione di Grove, a causa dell'esigua energia che si riusciva a produrre, non permetteva di intravedere, per l'epoca, applicazioni pratiche e non ebbe pertanto molto risalto, tanto da essere dimenticata e riscoperta solo nel corso del terzo decennio del 1900. Nel 1932 il Dr. Francis T. Bacon pensò di sostituire i costosi elettrodi porosi in platino e il bagno elettrolita acido altamente corrosivo rispettivamente con elettrodi in nickel ed un elettrolita alcalino meno corrosivo. Bacon perfezionò ripetutamente il suo prototipo fino al 1959 mettendo a punto la cosiddetta Cella di Bacon. Nello stesso anno l'ingegner Harry Ihrig, della Allis-Chambers, mise a punto il primo veicolo alimentato da una cella a

Anche nelle macchine termiche più efficienti (turbine a gas e turbine a vapore), raramente il rendimento tocca il 60%, per non parlare dei motori a combustione interna, anche delle più moderne automobili, per i quali l'efficienza è generalmente inferiore al 30%.
Attualmente possono essere realizzati sistemi di generazione basate su celle a combustibile caratterizzati da potenze che vanno da qualche kW a decine di MW. Nonostante tutto, a causa di molteplici fattori, le celle a combustibile non riescono ancora a soppiantare i sistemi tradizionali e le macchine a combustione termica nella produzione di energia. I miglioramenti tecnologici che si sono susseguiti nell'ultimo decennio, e che potrebbero ancora aversi, potrebbero tuttavia renderle, nel tempo, economicamente competitive.

IL PRINCIPIO ELETTROCHIMICO

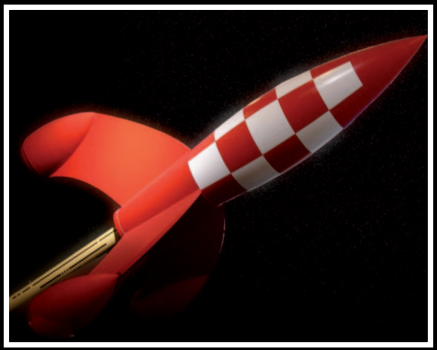
Una cella a combustibile è composta, in linea di principio, dai seguenti elementi **(figura 6)**:

- elettrodo di anodo;
- elettrodo di catodo;
- elettrolita;
- circuito elettrico utilizzatore esterno;
- carburante all'anodo (idrogeno);
- agente ossidante al catodo (ossigeno).

L'anodo e il catodo fungono da catalizzatori mentre lo strato centrale contiene l'elettrolita che può essere di diversa natura (liquida, solida o membranosa). Gli elettrodi (anodo e catodo) sono immersi in un opportuno elettrolita che permette la migrazione di ioni. Nei pressi dell'anodo (elettrodo positivo) è dislocato il combustibile, in genere idrogeno, ammoniaca o idrazina, mentre il comburente ossidante (aria o ossigeno) viene fornito al catodo. La cella non si esaurisce e continua a generare energia elettrica fino a che si continua a fornirle combustibile (all'anodo) e un comburente (al catodo) cioè fino a che continua ad essere alimentata. E' importante sottolineare che il combustibile (idrogeno) ed il gas ossidante (ossigeno) lambiscono l'anodo e il catodo, rispettivamente, sulle facce opposte a quelle in contatto con l'elettrolita senza entrare mai in contatto diretto tra loro **(figura 7)**. La porosità degli elettrodi fa si che le reazioni di ossidazione del combustibile e di riduzione del gas ossidante risultino continuamente alimentate. Ciò che lega il combustibile ed il comburente nel processo, rendendo possibile il fenomeno elettrochimico, è la presenza di un elet-

Figura 5: la tecnologia delle celle a combustibile ha avuto enorme importanza nei programmi Gemini, Apollo e Shuttle [3].

Combustibile, un trattore di ben 20 cavalli di potenza. Alcuni anni dopo, all'inizio degli anni sessanta, la statunitense General Electric basandosi sui principi della cella di Bacon, progettò un sistema che aveva il fine di generare energia elettrica, mediante celle a combustibile, da impiegare nelle navicelle spaziali (progetti Gemini ed Apollo della NASA). Il periodo storico in corso in quegli anni (si pensi alla guerra fredda) spinse sempre più la ricerca sulle celle a combustibile verso applicazioni spaziali e militari. La NASA capì ben presto che l'impiego di sorgenti a batterie era difficilmente percorribile in applicazioni spaziali per diverse ragioni, primi tra tutti il fattore ingombro ed il fattore peso; per questo motivo già nel programma Apollo (così come nei programma Gemini e Shuttle) scelse di sviluppare efficienti sistemi per la produzione di energia chimica basati su celle a combustibile. Oggi l'elettricità a bordo dello Shuttle è ottenuta mediante celle a combustibile, sfruttate anche per produrre acqua per l'equipaggio. Nel corso degli ultimi venti anni scienziati ed ingegneri hanno messo a punto una serie di celle a combustibile sempre più efficienti, più economiche e differenti per tipologia ed applicazioni (dall'alimentazione di motori e caldaie, alla realizzazione di vere e proprie centrali con potenze che vanno da qualche megawatt a decine di megawatt, alle microapplicazioni nella telefonia e nell'informatica mobile). Negli anni '90 hanno preso corpo alcuni progetti di celle a combustibile per uso domestico. La prima significativa realizzazione è stata sviluppata nell'ambito di un piano urbanistico del quartiere ecosostenibile di Hammarby Sjöstad a Stoccolma proprio nei primi anni '90.



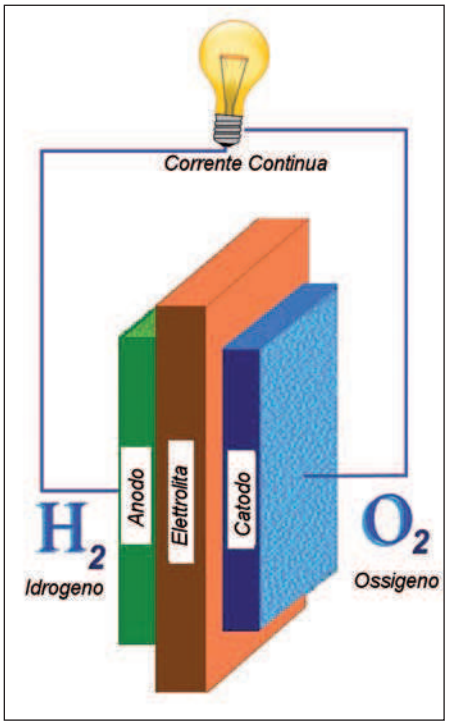


Figura 6: struttura di principio di una cella a combustibile.

trolita che permette la migrazione di ioni. Spesso non si ha direttamente a disposizione l'idrogeno ma è necessario ottenerlo da gas naturali o biogas mediante apparecchiature detti reformer. Generalmente una cella a combustibile reale non è composta da una sola cella elementare ma piuttosto da una serie elettrica di n celle che costituiscono uno stack **(figura 8)**. La singola cella nella maggior parte dei casi ha una struttura piatta a tre strati, la riproposizione iterata permette di ottenere lo stack. Lo strato centrale della singola unità, compreso fra il relativo catodo e anodo, costituisce l'elettrolita. Il dimensionamento delle superfici affacciate ha una notevole importanza nel determinare l'intensita' di corrente ottenibile. Le singole celle presentano, tipicamente, tensioni comprese da mezzo volt a un volt a secondo della specifica tecnologia adottata e del carico elettrico alimentato. Il processo chimico alla base del funzionamento di una cella a combustibile è sostanzialmente l'opposto di un'elettrolisi; infatti, mentre in un processo di elettrolisi l'acqua è scomposta nei suoi componenti (H_2 ed O_2) grazie all'impiego di energia elettrica (l'energia elettrica è quindi in questo caso consumata), in una cella a combustibile ossigeno e idrogeno seguono il processo opposto combinandosi a formare acqua ed energia elettrica. Il funzionamento di una cella a combustibile PEM (Polymer-Electrolyte-Membrane, Figura 9) può essere preso come esempio per descrivere le reazioni chimiche che governano questo tipo di macchine elettrochimiche **(figura 7 e 10)**. Nei pressi dell'anodo l'idrogeno si decompone liberando ioni H^+ ed elettroni:

$2H_2 \rightarrow 4H^+ + 4e^-$

Gli ioni di idrogeno migrano verso il catodo attraverso l'elettrolita dando origine, nei suoi pressi, alla seguente reazione:

$4H^+ + 4e^- + O_2 \rightarrow 2H_2O$

Essa comporta un flusso di elettroni attraverso il circuito esterno. Ovviamente l'acqua necessita di essere rimossa durante il funzionamento in modo da impedire l'allagamento dell'apparecchio. Un aspetto fondamentale nelle applicazioni delle celle a combustibile, è dato dal fatto che gli effluenti (acqua e gas esausti), emessi o rimossi dalla cella, non sono sostanze inquinanti. Il principio di funzionamento si basa, in conclusione, sull'idea di spezzare le molecole del combustibile e del comburente (normalmente ossigeno atmosferico) in ioni positivi ed elettroni. Nella realtà l'attuabilità di questo semplice principio presenta le sue difficoltà: ionizzare le molecole del combustibile non è semplice, anzi la reazione spesso necessita una grande energia di attivazione, cosa che rallenta la reazione stessa rendendo l'uso pratico della cella piuttosto difficoltoso. L'idrogeno è impiegato perchè può essere ionizzato fa-

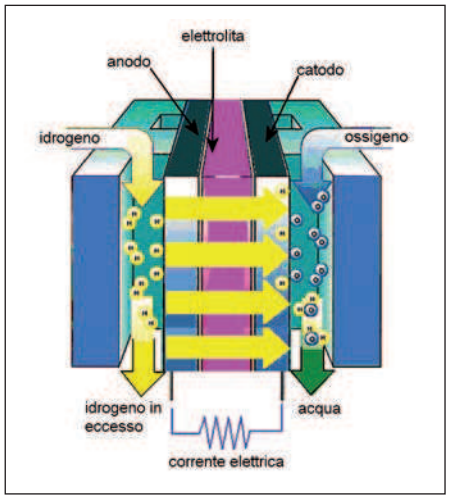


Figura 7: struttura e principio di funzionamento di una cella a combustibile.

PER *approfondire...*

[1]. celleacombustibile.tk
(Tutto sulle celle a combustibile)
[2]. www.unibg.it/dati/corsi/9415/6867-Fuel_Cells.pdf
[3]. www.astronomia.com
[4]. www.miniwatt.it
[5]. www.siemens.it (prodotti e soluzioni)
[6]. it.geocities.com
[7]. wikipedia.it
(Pila a combustibile - Wikipedia.htm)
[8]. www.autoviaggiando.com
[9]. www.it.encarta.msn.com

cilmente (una molecola di idrogeno è costituita da due atomi con un legame abbastanza debole (H-H). Il comburente è invece l'ossigeno dell'aria poiché consente la reazione, genera semplicemente acqua e quindi un prodotto non inquinante e non tossico ed oltretutto risulta disponibile in abbondanza nell'atmosfera, il che non comporta aggravio di costi. Diversamente dal legame presente nella molecola di idrogeno, il doppio legame (O=O) presente nella molecola di ossigeno, rappresenta un ostacolo maggiore alla reazione. Tecnicamente si parla di sovratensione catodica, in quanto l'ossigeno consumato al catodo della cella assorbe una parte della tensione generata dalla cella stessa per l'attivazione della reazione. L'efficienza di una cella a combustibile è data dal rapporto tra l'energia prodotta e quella fornita alla cella stessa (lavoro ottenuto diviso l'entalpia di reazione). L'entalpia è scelta in quanto rappresenta il calore generato dalla reazione nel caso di combustione e la definizione perché permette un confronto diretto con i motori termici. I valori per celle con combustibile H_2 giungono a circa il 70%.

PRINCIPALI TIPOLOGIE DI CELLE A COMBUSTIBILE

Le celle a combustibile possono essere suddivise in due categorie:

Celle a bassa temperatura

a. Celle alcaline (AFC)
b. Celle ad elettrolita polimerico (PEM o PEFC)
c. Celle ad acido fosforico (PAFC)
d. Celle a metanolo diretto (DMFC)

Celle ad alta temperatura

a. Celle a carbonati fusi (MCFC)
b. Celle ad ossidi solidi (SOFC)

In **tabella 1** sono riassunti i principali tipi di celle a combustibile e le relative caratteristiche.

CELLE A COMBUSTIBILE ALCALINE (AFC)

Le celle a combustibile alcaline (AFC-Alkaline Fuell Cell) richiedono idrogeno ed ossigeno puri e sono state impiegate in passato, e lo sono tuttora, in applicazioni spaziali oltre che nei motori dei sottomarini. L'elettrolita è costituito da una soluzione alcalina (da cui prende il nome) di idrossido di potassio (KOH). L'impiego di questo tipo di cella a combustibile è confinato alle applicazioni suddette a causa della sensibilità del funzionamento rispetto alla presenza di impurità che ne degradano le prestazioni. L'elevata purezza dei gas impiegati rendono infatti l'impiego eccessivamente costoso. Gli elettrodi porosi sono normalmente a base di Nichel o di Platino: questo permette di operare a temperature di esercizio comprese tra i 60 e 100°C. L'ossigeno e l'idrogeno, attraverso circuiti distinti, fluiscono verso il catalizzatore, dove le molecole di idrogeno si decompongono in ioni H^+ ed elettroni che fluiscono come corrente elettrica dall'anodo al catodo, dove una volta giunti si ricombinano con l'ossigeno e reagiscono con acqua formando ioni idrossido (OH^-). Questi ultimi attraversano l'elettrolita costituito da idrossido di potassio, fluendo veso l'anodo, dove reagendo con i protoni H^+ formano nuovamente acqua. Si possono citare una lunga serie di applicazioni spaziali delle celle AFC. Space Shuttle, missione Apollo, Soyuz, Skylab non avrebbero po-

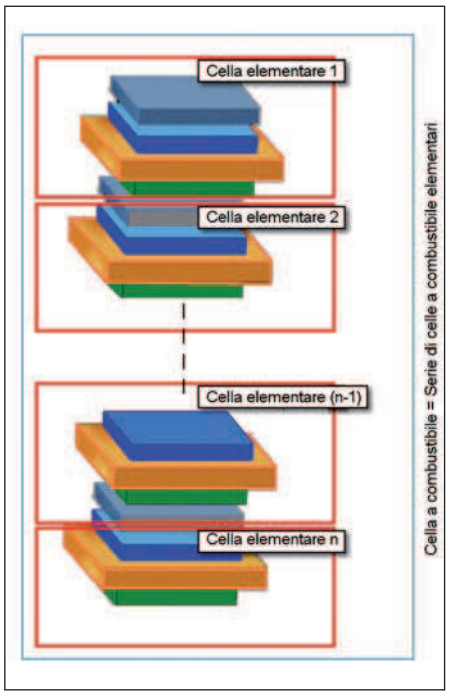
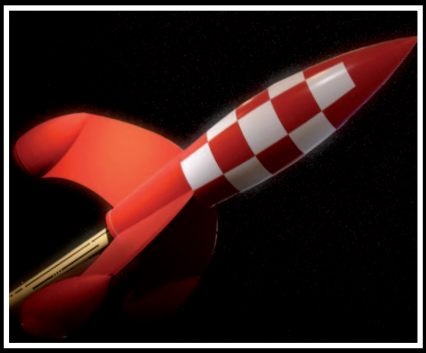


Figura 8: i sistemi di celle a combustibile sono costituiti da un elevato numero di celle in serie (stack).

TABELLA 1-TIPI DI CELLE A COMBUSTIBILE E RELATIVE CARATTERISTICHE [1]

	PEM	AFC	PAFC SAFC	SOFC	MCFC
Anodo	Nickel	Nickel Poroso	Oro, Titanio	Carbone Nickel + Ossido di Zirconio	Nickel + low% Cromo
Catodo	Nickel	Nickel Poroso	Oro, Titanio, Carbone	Manganati di Lantanio	Ossido di Nickel Litiato
Elettrolita	Polimerica	Alkalina	Acido Fosforico	Ossido di Zirconio stab. ossido di Ittiriodi	Mix di carbonati Potassio e Litio
Catalizzatore	Platino	Nickel	Platino	NO	Nickel
Reforming	SI	SI	SI	NO	NO
Rafreddamento	SI	NO	NO	NO	NO
Temperatura (°C)	100-200	60-100	180-200	800-1000	600-700
Efficienza (%)	40	70	40-45	50-60	50-60
Calore	NO	Basso	Basso	Alto	Alto
Applicazioni	Piccole, medie	Piccole, spaziali	Stazioni da 50 200KW	Stazioni da KW a MW	Stazioni da MW



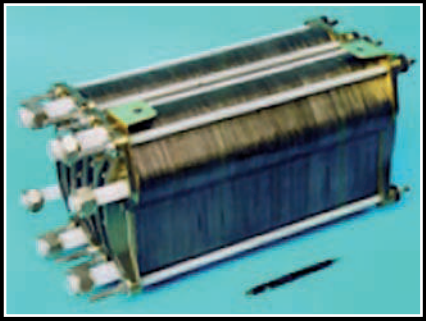


Figura 9: cella a combustibile PEM.

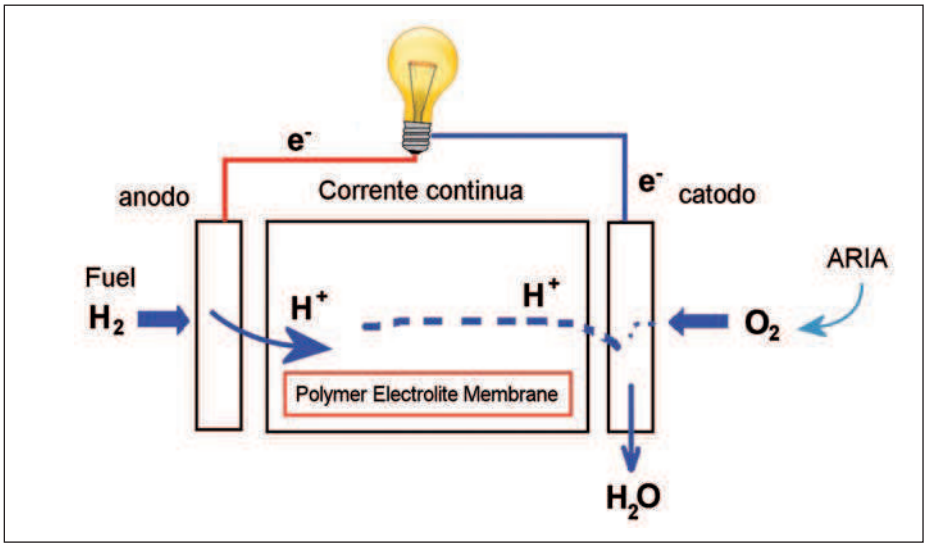


Figura 10: reazioni chimiche del processo di funzionamento di una cella a combustibile.

tuto avere successo senza le celle a combustibile alcaline **(figura 11)**. L'applicazione automobilistica è stata studiata con attenzione ma è ostacolata dagli elevati costi dovuti alla necessità di impiegare ossigeno puro e non aria la quale necessita, se impiegata, di essere prima depurata dal biossido di carbonio (CO_2) il quale "avvelena" l'elettrolita (operazione che richiede dispositivi tecnici supplementari). L'efficienza di una cella PEM è elevata e può arrivare oltre il 70% in esercizio a piena potenza. Un importante vantaggio è costituito dallo start-up veloce a freddo. I costi che impediscono, di fatto, un impiego di massa, risultano meno influenti solo negli impieghi spaziali e militari (si pensi anche ai sommergibili con celle a combustibile da 100 kW messe a punto da Siemens). Il sistema a celle di combustibile dello Space Shuttle è composto da 3 celle principali, disposte nella parte centrale della fusoliera. Ogni cella pesa circa 115 Kg, è alta e larga circa 35,5 cm e lunga circa 1 m. Esse costituiscono delle sorgenti elettriche indipendenti utili a generare calore e acqua come sottoprodotto della produzione energetica.

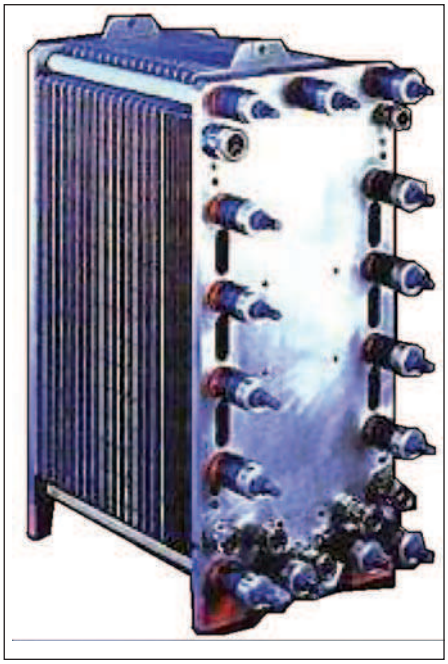
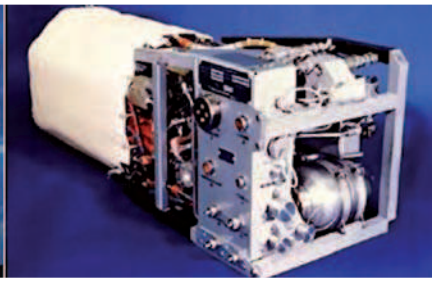


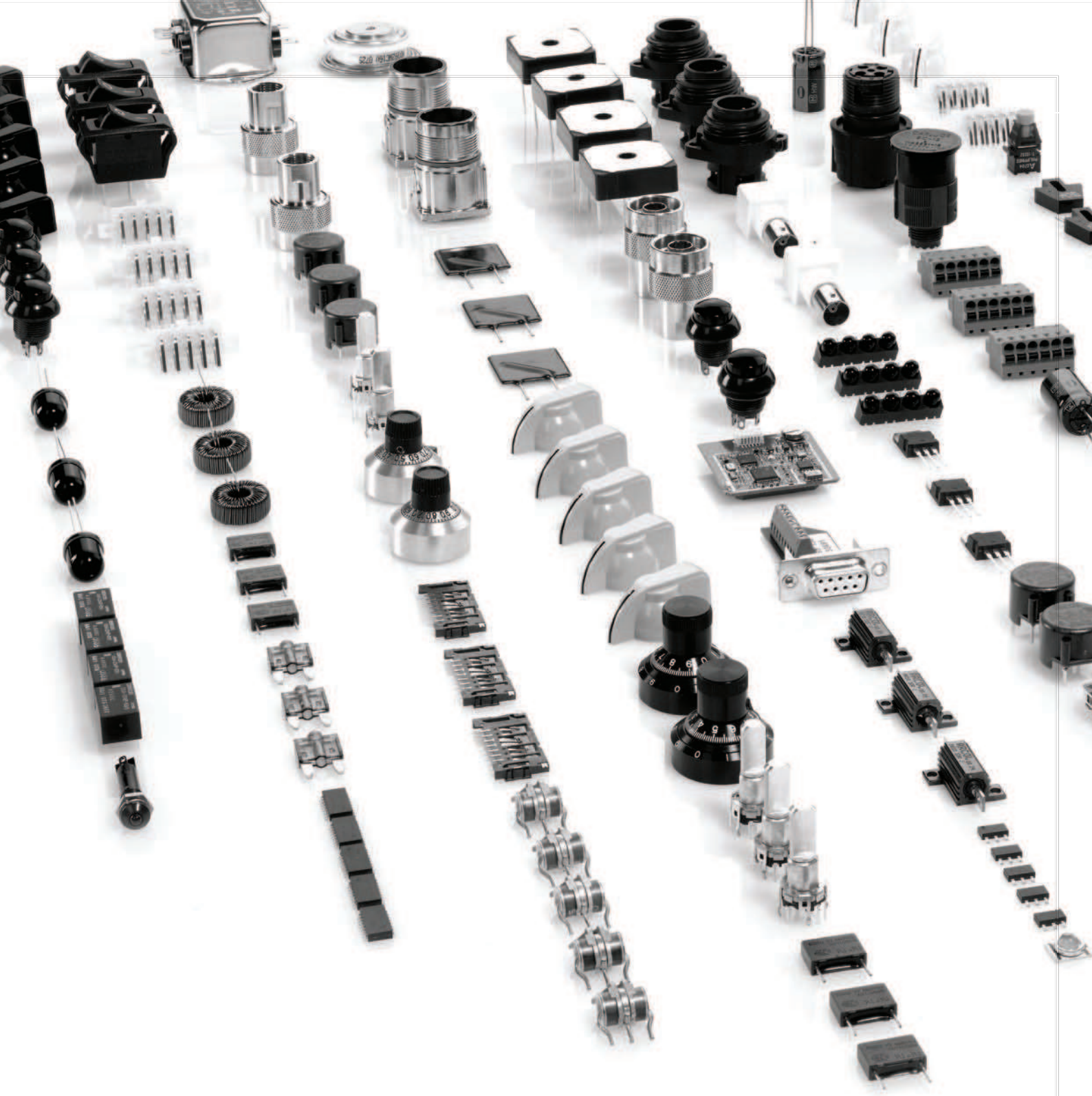
Figura 12: stack di una cella PEM [4].

LE CELLE A COMBUSTIBILE PEM

Le celle a membrana a scambio protonico (PEM-Polymer Electrolyte Membrane-**figura 12**) anche dette SPFC (Solid Polymer Fuel Cell) sono quelle più note e presentano il vantaggio di necessitare, come comburente, dell'ossigeno contenuto nell'aria e di essere per questo motivo, oltre che per il peso relativamente contenuto rispetto ad altre celle, di più agevole applicazione. L'idrogeno è normalmente ottenuto mediante reforming

Figura 11: cella a combustibile AFC usata nelle missioni NASA Apollo e Space Shuttle [3].

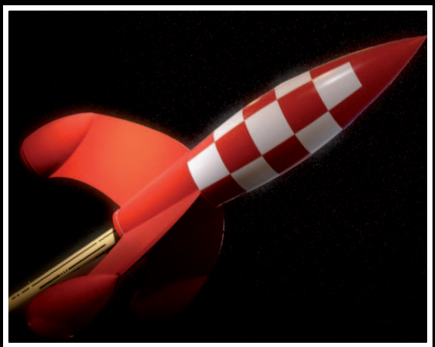




Da RS le soluzioni più innovative
dal mondo dell'elettronica

rswww.it

CODICE MIP 2761744



e l'elettrolita è costituito da una membrana solida, in grado di condurre protoni, costituita da un polimero solforato (da cui il nome e l'acronimo PEM). Il catalizzatore presente sugli elettrodi è quasi sempre platino. Tecnologicamente destano un grande interesse in quanto sono più facilmente applicabili su ampia scala e con costi realizzativi relativamente contenuti. Il funzionamento può essere così riassunto:

- ossigeno e idrogeno fluiscono attraverso due circuiti separati dal serbatoio al catalizzatore;
- l'idrogeno (H_2) è scomposto in ioni H^+ (protoni) più elettroni;
- i protoni fluiscono verso il catodo attraversando la membrana polimerica che costituisce l'elettrolita;
- gli elettroni attraversano l'anodo e percorrono il circuito elettrico fino a giungere al catodo: in questo modo si ottiene l'energia elettrica;
- giunti al catodo, attraverso il circuito elettrico, gli elettroni si ricombinano con l'ossigeno formando ioni carichi negativamente;
- tali ioni migrano verso i protoni (H^+) con carica positiva ricombinandosi con essi e formando acqua.

Le PEM più comuni usano come membrana un prodotto noto come Nafion, un polimero capace di trattenere all'interno delle sacche d'acqua che consentono ai protoni l'attraversamento sotto forma di ioni H_3O^+. La cella deve rimanere sempre al di sotto dei 100°C, o superiori solo pressurizzata poiché funziona grazie all'acqua contenuta all'interno della membrana; per ottenere questo risultato è spesso necessario raffreddare la cella, diversamente l'evaporazione può causare la disidratazione della membrana; problema speculare ma altrettanto grave da combattere è il flooding cioè l'accumulo di acqua agli elettrodi, cosa che impedisce ai reagenti (ossigeno e/o idrogeno) di raggiungere i siti catalitici. Particolare attenzione si pone al catalizzatore al platino, il quale risulta sensibile all'avvelenamento da monossido di carbonio. Il problema è sentito soprattutto nel caso in cui l'idrogeno è ottenuto mediante reforming di altri combustibili (generalmente metanolo e metano). Oltre alle celle PEM tradizionali, sono state sviluppate celle con membrane in polibenzimidazolo, un materiale economico usato nelle tute antincendio dei pompieri. Il vantaggio è quello di poter lavorare a temperature comprese tra 125 e 200°C, riducendo le perdite dovute alla catalisi, senza essere soggetti a problemi di flooding o di disidratazione, e con ridotta sensibilità alle perdite di prestazioni causate dal monossido di carbonio. Le celle PEM possono essere utilizzate in applicazioni di media potenza come nei motori per veicoli. Infatti esse sono state sperimentate ed impiegate con buoni risultati in bus e automobili. Sicuramente rimane difficoltosa l'applicazione in veicoli di grosse

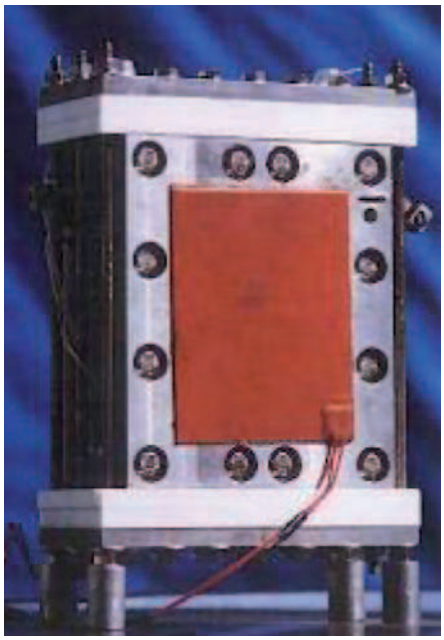


Figura 14: piccola Cella DMFC [4].

Figura 13: centrale di cogenerazione PAFC in ambito civile [4].

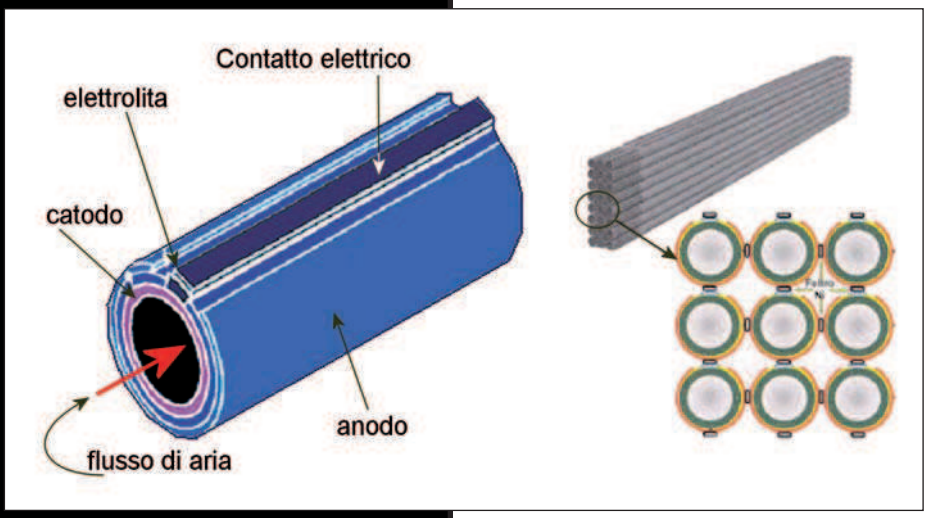


Figura 15: struttura di una cella elementare SOFC (Solid Oxide Fuel Cell).

dimensioni che hanno bisogno anche di elevata autonomia (si pensi ai trasporti pesanti) e difficilmente questo limite potrà essere superato in futuro; infatti veicoli che necessitano, contemporaneamente, di grosse potenze e grosse autonomie dovrebbero essere dotati di grossi serbatoi, da cui la scarsa competitività rispetto ai tradizionali veicoli diesel.
Appare promettente, per il futuro, l'impiego di questo tipo di celle per alimentare elettricamente singoli edifici. L'idrogeno necessario al funzionamento potrà essere ottenuto mediante reforming di gas GPL o di gas naturale. La tecnologia delle celle PEM è ampiamente applicabile anche nel campo delle piccole potenze (apparecchi elettronici portatili) tanto che negli ultimi anni sono state anche sviluppate piccole celle PEM per cellulari o computer portatili.

CELLE A COMBUSTIBILE PAFC

Le celle PAFC (Phosphoric Acid Fuel Cell) impiegano, come elettrolita, una soluzione di acido fosforico imbevuto in una matrice di carburo di silicio interposta tra i due elettrodi e lavorano ad una temperatura media di esercizio di circa 180-200°C. I gas reagenti sono l'idrogeno e l'ossigeno contenuto nell'aria. Il principale limite sta nel fatto che necessitano di opportune temperature in quanto al di sotto dei 42°C, l'acido fosforico cristallizza rendendo la cella non più funzionante. Il funzionamento di questo tipo di celle può essere riassunto nelle seguenti fasi:

- i due gas reagenti (ossigeno ed idrogeno) attraverso circuiti distinti fluiscono dal serbatoio al catalizzatore;
- l'idrogeno (H_2) è decomposto, grazie al catalizzatore, in due ioni H^+ più due elettroni liberi;
- gli ioni H^+ attraversando l'elettrolita (acido fosforico concentrato) giungono al catodo;
- gli elettroni liberi migrano dall'anodo al catodo lungo il circuito elettrico esterno;
- giunti al catodo, gli elettroni si ricombinano con l'ossigeno formando ioni, i quali a loro volta si ricombinano con gli ioni H^+ formando acqua.

Le celle PAFC sono ormai considerate una tecnologia "matura" e dalla quale non si aspettano ulteriori avanzamenti. Le applicazioni sono confinate agli im-

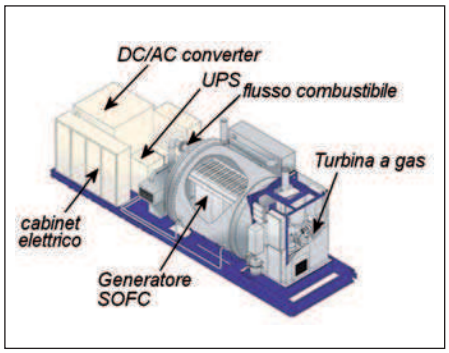


Figura 16: sistemi ibridi cella SOFC / micro turbina a gas [5].

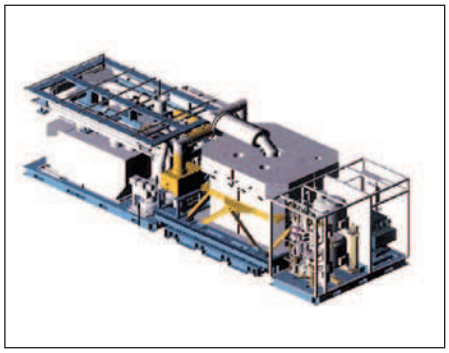


Figura 17: sistema ibrido SOFC/Gas 220 kW (Fuel Cell Research Center, Irvine California).

pianti di cogenerazione **(figura 13)** e non sono tuttavia ancora molto diffuse.

CELLE AL METANOLO DIRETTO (DMFC)

La DMFC (Direct Methanol Fuel Cell) è l'unica cella a combustibile che non usa idrogeno bensì metanolo senza necessitare di un reformer in quanto è la cella stessa che trasforma il metanolo in ioni H^+, elettroni liberi e CO_2. Questa caratteristica (assenza di reformer) la rende adeguata per applicazioni automobilistiche. L'elettrolita è costituito da una membrana polimerica capace di condurre ioni H^+ mentre il comburente è costituito da aria in ingresso preriscaldata a circa 80°C. Il funzionamento può essere riassunto nelle seguenti fasi:

- l'ossigeno dalla parte del catodo e il metanolo dalla parte dell'anodo fluiscono dal serbatoio al catalizzatore;
- il metanolo (CH_3OH) reagisce con l'acqua e forma CO_2 e idrogeno;
- l'idrogeno si decompone in ioni H^+ (protoni) ed elettroni grazie al catalizzatore;
- gli ioni H^+ attraversano l'elettrolita (membrana polimerica in grado di condurre i protoni) e giungono al catodo;
- gli elettroni migrano dall'anodo al catodo dando origine alla corrente elettrica;
- giunti al catodo gli elettroni si ricombinano con ossigeno e gli ioni così formati reagiscono con gli ioni H^+ formando acqua.

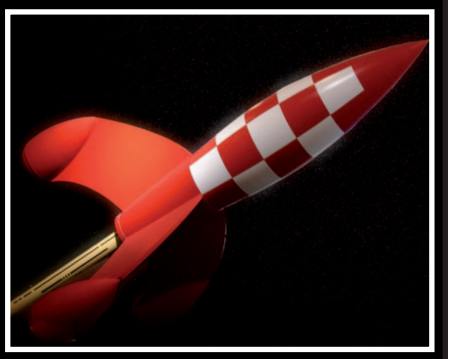
Lo sviluppo di questo tipo di celle è attualmente rivolto alle applicazioni portatili ma potrebbe presentare risvolti interessanti anche nelle applicazioni di propulsori per veicoli, essendo il metanolo liquido più facilmente immagazzinabile rispetto all'idrogeno.
Problemi sono invece legati alla tossicità del metanolo e alla sua solubilità in acqua. Come catalizzatori si usano leghe Platino-Rutenio.

CELLE A COMBUSTIBILE MCFC

Le MCFC (Molten Carbonate Fuel Cell) sono celle che usano come elettrolita una miscela di carbonati (tipicamente di litio Li_2CO_3 e di potassio K_2CO_3) ed elettrodi a base di nichel (catodo in ossido di nichel litiato, anodo in nichel con piccole percentuali di cromo). La temperatura di esercizio è compresa tra 600 e 700°C. La principale caratteristica è quella di non necessitare di reforming, poiché consente l'impiego diretto di GPL, biogas e gas naturale. Il funzionamento può essere riassunto nelle seguenti fasi:

- i due gas (ossigeno e biossido di carbonio da parte del catodo e idrogeno da parte dell'anodo) attraverso circuiti distinti fluiscono dal serbatoio al catalizzatore;
- l'idrogeno (H_2) si decompone grazie al catalizzatore in ioni H^+ ed elettroni liberi;
- gli elettroni fluiscono dall'anodo al catodo attraverso il circuito elettrico;
- giunti in prossimità del catodo, gli elettroni si combinano con l'ossigeno formando ioni negativi che reagendo con il biossido di carbonio formano a loro volta ioni carbonato;
- gli ioni carbonato, carichi negativamente, attraversano l'elettrolita costituito dai carbonati fusi, fino a giungere nei pressi dell'anodo, dove cedono agli ioni idrogeno le cariche negative formando acqua e nuovamente biossido di carbonio.

Tali celle possono anche impiegare, come carburante, miscele di monossido di carbonio e idrogeno prodotte durante la gassificazione del carbone. Le alte temperature confinano le applicazioni ad impianti di cogenerazione in stabilimenti industriali per la produzione di potenze



piuttosto elevate (da centinaia di kilowatt ad alcuni Megawatt); tuttavia sono state sviluppate alcune celle di questo tipo per applicazioni navali. I problemi principali sono legati alla gestione di un liquido corrosivo ad alta temperatura.

CELLE A COMBUSTIBILE DA OSSIDI SOLIDI CERAMICI (SOFC)

Le celle SOFC (Solid Oxide Fuel Cell) impiegano, come elettrolita, diossido di zirconio solido mentre il carburante può essere idrogeno, monossido di carbonio o metano, assieme ad aria o ossigeno forniti al catodo. Il funzionamento necessita di temperature elevate (800-1000°C) alle quali l'elettrolita presenta una buona conducibilità elettrica. L'elevata temperatura permette l'uso diretto di metano (reforming interno) senza necessitare di costosi catalizzatori al platino. Rispetto ad altri tipi di celle sono relativamente poco sensibili alle impurità (composti di zolfo o azoto) è possono avere forme sia di piastra che tubolare **(figura 15)**. Il gas comburente attraversa il tubo all'interno, l'ossigeno dell'aria passa invece all'esterno dello stesso tubo. Ogni cella genera una differenza di potenziale a vuoto compresa tra i 900 mV e 1 V: più celle sono connesse in serie per incrementarne il valore. Il funzionamento può essere riassunto nelle seguenti fasi:

- i due gas (ossigeno ed idrogeno) fluiscono dal serbatoio al catalizzatore attraverso due circuiti separati;
- l'idrogeno è decomposte, grazie al catalizzatore, in ioni H^+ ed elettroni liberi;
- gli elettroni migrano dall'anodo verso il catodo e generano una corrente elettrica;
- giunti al catodo gli elettroni si ricombinano con l'ossigeno dando origine a ioni di ossigeno che attraversano l'elettrolita raggiungendo l'anodo;
- gli ioni di ossigeno cedono quindi le cariche negative ai protoni H^+ e reagendo con questi formano acqua.

I limiti di questo tipo di celle sono legati alla fragilità meccanica; inoltre, l'avvio è molto lento, motivo per cui è pensato soprattutto per la generazione stazionaria di elettricità (sia in ambito residenziale che industriale). Le possibili applicazioni automobilistiche non riguardano i motori ma mirano piuttosto a sostituire le batterie tradizionali degli autoveicoli; in questo caso il carburante è la benzina che, prima dell'introduzione nella cella a combustibile necessita di reforming e desolforazione. Le elevate temperature facilitano, inoltre, l'eliminazione di acqua sotto forma di vapore. Pressurizzando una cella ad ossidi solidi si aumenta la differenza di potenziale prodotta e quindi l'efficienza. Pressurizzando e combinando la cella con una micro turbina a gas, l'efficienza complessiva aumenta ulteriormente. Questo principio è alla base dei sistemi ibridi cella SOFC/ micro turbina a gas **(figura 16)**. I gas di scarico incandescenti e ad alta pressione, prodotti dalle reazioni elettrochimiche, sono convogliate nella turbina a gas alla quale è connesso un piccolo generatore: sia la cella a combustibile che la turbina producono energia elettrica. Siemens Westinghouse ha guidato per alcuni decenni la sperimentazione e lo sviluppo di celle SOFC e della soluzione ibrida SOFC/turbina. Nel 1980 l'US Department of Energy (DOE) le assegnò un contratto per continuare gli sviluppi; negli anni '90 costruì celle con prestazioni commercialmente interessanti e siglò un nuovo accordo con la DOE. Nei primo anni del 2000 mise a punto un sistema di cogenerazione da 100 kW che fu installato con successo in Olanda.

IMPIANTI COMBINATI

Negli ultimi decenni hanno avuto un gros-

so sviluppo sia la tecnologia dell'energia solare che quella dell'energia eolica. Queste tecnologie presentano il principale limite di essere intermittenti a causa della variabilità delle condizioni atmosferiche. L'uso di elettrolizzatori (produzione di idrogeno da elettrolisi alimentata da elettricità prodotta da fotovoltaico o eolico) e di unità di stoccaggio dell'idrogeno permetterebbe di conservare l'energia in eccesso in una forma sfruttabile da celle a combustibile in momenti in cui la fonte solare o eolica non è disponibile. Impianti ad idrogeno siffatti consistono, quindi, di sorgenti primarie (sole, vento, energia idroelettrica), un ciclo a idrogeno (elettrolisi, stoccaggio, consumo) per lo stoccaggio di lungo periodo e batterie solo per lo stoccaggio di breve periodo in modo da contenerne le dimensioni ed il relativo inquinamento ambientale.
Attualmente un sistema fotovoltaico-elettrolizzatore-stoccaggio di idrogeno-cella a combustibile cogenerativa è tecnologicamente realizzabile ma con costi piuttosto elevati. L'applicazione per civili abitazioni potrebbe tuttavia consentire alle stesse una totale indipendenza energetica, senza il consumo di risorse energetiche non rinnovabili specie se inquinanti. Per questo motivo sviluppi di sistemi energetici combinati di questo tipo sono molto attesi nel prossimo futuro.
Molte società, infatti, soprattutto giapponesi come Toyota Motors e Honda Motors, stanno lavorando sulle celle a combustibile per applicazioni civili e residenziali oltre che per autoveicoli stradali.

LA PRODUZIONE DI IDROGENO

L'idrogeno è il più leggero ed abbondante elemento dell'universo, è presente nell'acqua ed in tutti i composti organici ed è il miglior combustibile conosciuto poiché può essere bruciato senza emissione di sostanze inquinanti.
L'idrogeno è tuttavia, anche, un combustibile molto pericoloso perché in grado di reagire con la maggior parte degli elementi (l'ossigeno in particolare) e quindi deve essere immagazzinato in serbatoi molto sicuri.
L'impiego di celle a combustibile necessita di idrogeno. Esso può essere prodotto con metodi alcuni dei quali sono di seguito riportati [6]:

- REFORMING DI COMBUSTIBILI FOSSILI

$$CH_4 + H_2O \rightarrow CO + 3H_2$$

Reazione ad elevata temperatura e con impiego di catalizzatore.

$$CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2$$

Caratterizzata da emissione di CO_2 che occorrerebbe sequestrare.

- ELETTROLISI DELL'ACQUA

$$H_2O \rightarrow O_2 + 2\,H_2$$

reazione non spontanea

- DECOMPOSIZIONE TERMICA DELL'ACQUA

Decomposizione Spontanea a temperatura > 2000K tecnologicamente inattuabile.

- IMPIANTI FOTOELETTROCHIMICI

Elettrolisi alimentata direttamente da energia elettrica solare o eolica.

APPLICAZIONI, PROBLEMI APERTI E PROSPETTIVE

Come risulta chiaro da quanto esposto, le celle a combustibile spaziano su un ventaglio abbastanza ampio di applicazioni e di potenza: dalle centrali elettriche alle microapplicazioni. Sebbene l'applicazione tipica a cui si pensa quando si parla di celle a combustibile è l'auto a idrogeno, più in generale possiamo individuare le seguenti categorie applicative:

- propulsori di veicoli **(figura 19)**;
- approvvigionamento energetico fisso;
- alimentazione di piccoli apparecchi elettronici.

Alcuni dei problemi connessi all'uso dell'idrogeno come combustibile sono dovuti alla scarsa densità energetica per unità di volume da cui consegue, tecnicamente, la necessità di stoccaggi ad elevata pressione o in alternativa in forma criogenica o con altre tecniche (confinamento tramite spugne ad idruri metallici). Le difficoltà legate allo stoccaggio hanno spinto la ricerca a sperimentare altri tipi di combustibili da sostituire all'idrogeno (metanolo e acido formico); tuttavia l'impiego di questi combustibili comporta densità di potenza prodotta più ridotta rispetto all'uso del idrogeno.
Le applicazioni di questi combustibili alternativi sono state per questo relegate al campo dell'elettronica portatile. Invece di usare direttamente il metanolo si è anche pensato di trasformarlo (reforming) in idrogeno, ciò tuttavia comporta la produzione di CO, composto che anche in

Figura 18: prototipo di automobile basata su celle a combustione [7].

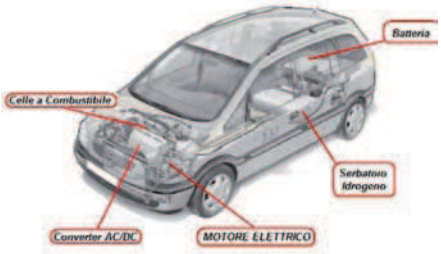
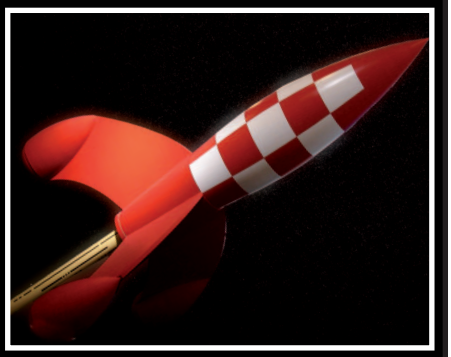


Figura 19: auto alimentata ad idrogeno [2].

Figura 20: panda Hydrogen [8].

piccole parti per milione avvelena la cella causandone il blocco. Un altro problema che è necessario affrontare, legato all'uso del solo idrogeno è la sicurezza degli impianti, aspetto che ha portato a prendere in considerazione accorgimenti come l'utilizzo di fonti di idrogeno a rilascio controllato (idruri metallici). Per questi motivi ed in particolare per gli elevati costi realizzativi e di impiego la commercializzazione delle celle a combustibile è rimasta fino ad oggi su livelli abbastanza ristretti.
Un altro motivo che ne limita fortemente la diffusione è il confronto con tecnologie più tradizionali mature ed affidabili come quella del motore a combustione interna nel campo dei veicoli, le batterie al litio nel campo dell'elettronica e le turbine a gas nel campo della produzione di



energia elettrica su larga scala. Va anche detto, tuttavia, che se le celle a combustibile fossero adottate su larga scala, i prezzi probabilmente precipiterebbero. Un aspetto non di poco conto che va sottolineato è dato dalla seguente stima: la sostituzione di tutti i veicoli del mondo con veicoli a celle a combustibile necessiterebbe oggi di una quantità di platino (catalizzatore) talmente elevato da essere difficilmente attuabile. Queste considerazioni portano a veder l'elettronica come il primo vero campo di applicazione, su larga scala, delle celle a combustibile.

Sono stati messi a punto cellulari che funzionano a cartucce di metanolo, e gruppi di continuità basati sulla tecnologia delle celle a combustibile che potrebbero soppiantare quelli tradizionali. Toshiba, per esempio, ha sviluppato alcuni prototipi di lettori MP3 alimentati da piccole celle a combustibile a metanolo, prevedendone il lancio sul mercato nel corso del 2009.

LE CELLE A COMBUSTIBILE NELLA PROPULSIONE VEICOLARE

Le celle a combustibile sono adatte, per loro natura, ad alimentare i veicoli elettrici silenziosi ed ecologici **(figure 18 e 19)**. I limiti principali di questa tecnologia applicata alla propulsione veicolare sono legati alla difficoltà di stoccare l'idrogeno a bordo del veicolo. Le principali soluzioni fino ad oggi proposte e sperimentate sono le seguenti:

- Gas compresso: il gas è compresso e contenuto all'interno di bombole capaci di sopportare elevatissime pressioni (60-70 MPa di pressione, cioè circa 700 volte la pressione atmosferica). Sono adatti in ogni caso per essere montati su veicoli di piccole dimensioni.
- Idrogeno liquido: l'idrogeno viene mantenuto allo stato liquido in modo da comportare basse pressioni. Per ottenere tale risultato sono necessarie temperature molto basse (circa 20 ºK (corrispondenti a -253°C). Ciò consente di impiegare contenitori meccanicamente meno resistenti e quindi di maggiori dimensioni. Una tecnica di questo tipo comporta la necessità di curare particolarmente l'isolamento termico. L'inattività dell'impianto comporta in ogni caso una situazione di pericolo in quanto il contenitore riscaldandosi produce un aumento di pressione; per questo motivo sono necessari degli automatismi in grado di bruciare l'idrogeno che via via diventa eccedente rispetto alle condizioni di sicurezza.
- Metanolo: una soluzione di metanolo (CH_3OH) liquido molto diluita si presta ad alimentare le celle a metanolo diretto (Direct Methanol Fuel Cell, DMFC).

Altre tecniche vengono tuttora sperimentate (immagazzinato in idruri metallici, assorbimento in nanostrutture di carbonio).

Anche Fiat ha sviluppato e presentato un prototipo di autoveicolo a idrogeno basato su un sistema di propulsione a celle a combustibile (Panda Hydrogen, **figura 20**). La vettura ha prestazioni tali da restringerne l'impiego ad ambiti urbani, soprattutto per motivi di autonomia. Il sistema di generazione di energia elettrica è alimentato con idrogeno e con ossigeno contenuto nell'aria. Il Fuel Cell System è alloggiato sotto il pianale e il motore elettrico (asincrono trifase) a corrente alternata nel vano motore. Probabilmente questa applicazione della tecnologia delle celle a combustibile non sarà realmente matura per una produzione in serie prima di 10-15 anni.

CONCLUSIONI

Nonostante quella delle celle a combustibile sia da anni considerata la tecnologia del futuro è ancora necessario molto lavoro nel campo della ricerca e dello sviluppo di queste macchine.

Gli aspetti che ancora ne limitano l'impiego sono la ridotta durata di vita, il prezzo ancora elevato, i costi per la preparazione del combustibile, il confronto con l'affidabilità delle tecnologie tradizionali.

Politecnici, istituti di ricerca, aziende private si sono occupate e si occupano sempre di più dello sviluppo di impianti pilota e della costruzione di prototipi, sia per il mercato delle microapplicazioni che dei propulsori per veicoli leggeri o nel campo nautico. L'interesse è più che mai vivo a livello internazionale. ❑

CODICE MIP 2756695

CODICE MIP 2763865

L'utile è facile.

Scopritelo alla terza edizione di SAVE.

Mostra Convegno Internazionale delle Soluzioni e Applicazioni Verticali di Automazione, Strumentazione, Sensori.

Veronafiere 20-22 ottobre 2009

www.exposave.com

EIOM
Ente Italiano Organizzazione Mostre

VERONAFIERE

di FRANCESCO FICILI

LETTORE MP3 CON PIC e Vmusic2

Vediamo come realizzare un semplice lettore mp3 utilizzando un PIC18F2550 ed il modulo Vmusic2 della FTDI.
La scheda può anche essere utilizzata come development board per il modulo Vmusic2

In questo articolo vedremo come costruire uno dei dispositivi che costituiscono il desiderio realizzativo classico di diversi hobbysti elettronici, e cioè un riproduttore di file mp3. Prima di addentrarci nei dettagli tecnici del progetto analizziamo le scelte di progetto iniziali, che nel caso specifico si sono orientate sull'uso di un modulo altamente specializzato, ma che può dare notevoli soddisfazioni sia per quel che riguarda l'applicazione specifica che andremo ad analizzare sia per applicazioni più generiche (comunque sempre inerenti la riproduzione audio di file digitali). I componenti base del progetto in esame sono il modulo Vmusic2 (prodotto dalla FTDI devices) ed il microcontrollore PIC18F2550. Il Vmusic2 (visibile in **figura 1**), che in definitiva è il cuore dell'intero sistema, è un modulo di sviluppo basato sul chip Vinculum. Quest'ultimo è un controller di alto livello che permette di gestire una interfaccia USB Host con semplici comandi seriali. A seconda del firmware caricato sul chip, possono essere gestiti vari tipi di device USB (mass storage, cdc, hid device, etc...) in modalità praticamente trasparente per lo sviluppatore.
Oltre ad integrare il Vinculum, il modulo Vmusic2 contiene al suo interno anche

Figura 1: Vmusic2.

Figura 2: logo Vinculum.

un decoder mp3 (il VS1003, prodotto dalla VLSI), collegato al Vinculum attraverso la porta SPI. Questa potente combinazione rende il Vmusic2 la scelta ideale per la realizzazione di dispositivi con interfaccia audio, lettori musicali mp3 o wma o comunque in qualsiasi situazione nella quale si renda necessario aggiungere la possibilità di riprodurre suoni o voce. La logica di funzionamento del lettore è relativamente semplice, in sostanza il PIC18F2550 si comporta da dispositivo di interfaccia, interpretando in comandi dell'utente (pressione dei tasti) e traducendoli in dati seriali per il Vmusic2 secondo lo standard di comunicazione del Vinculum. L'interfaccia di comunicazione scelta è la seriale UART. Il Vmusic2 permette eventualmente di selezionare anche l'interfaccia SPI. Il blocco interfaccia utente è costituito da 7 tasti, collegati ad un a porta digitale del PIC. In questa versione non è stato previsto un display LCD, che permetterebbe la realizzazione di menù più complessi e quindi un maggior numero di funzioni.

SCHEMA ELETTRICO

Lo schema elettrico del lettore mp3 è riportato in **figura 4**. Analizziamolo partendo dal circuito di alimentazione. Questo è basato sull'LM340, un regolatore dissipativo in grado di fornire in uscita una tensione di 5V ed una corrente fino ad 1 A, e dalla rete di condensatori C2-C5. E' possibile alimentare il circuito con sorgenti continue con valore massimo di 25V. Il circuito di interfaccia tra l'utente ed il Vmusic 2 è costituito da un PIC18F2550 collegato a 7 pulsanti. I pulsanti sono stati collegati sulla porta B (RB0÷RB6), dotata di una rete di pull-up interna, in questo modo non è stato necessario utilizzare componenti aggiuntivi. Per la comunicazione tra il PIC ed il Vmusic2 è stata utilizzata la porta EUSART (Enanched Universal Syncornus and Asincornus Receiver and Transmitter) del PIC (pin RC6 ed RC7). Non sono stati utilizzati criteri di controllo, quindi il collegamento tra il PIC ed il Vmusic2 è un semplice collegamento seriale crossato. Per collegare il

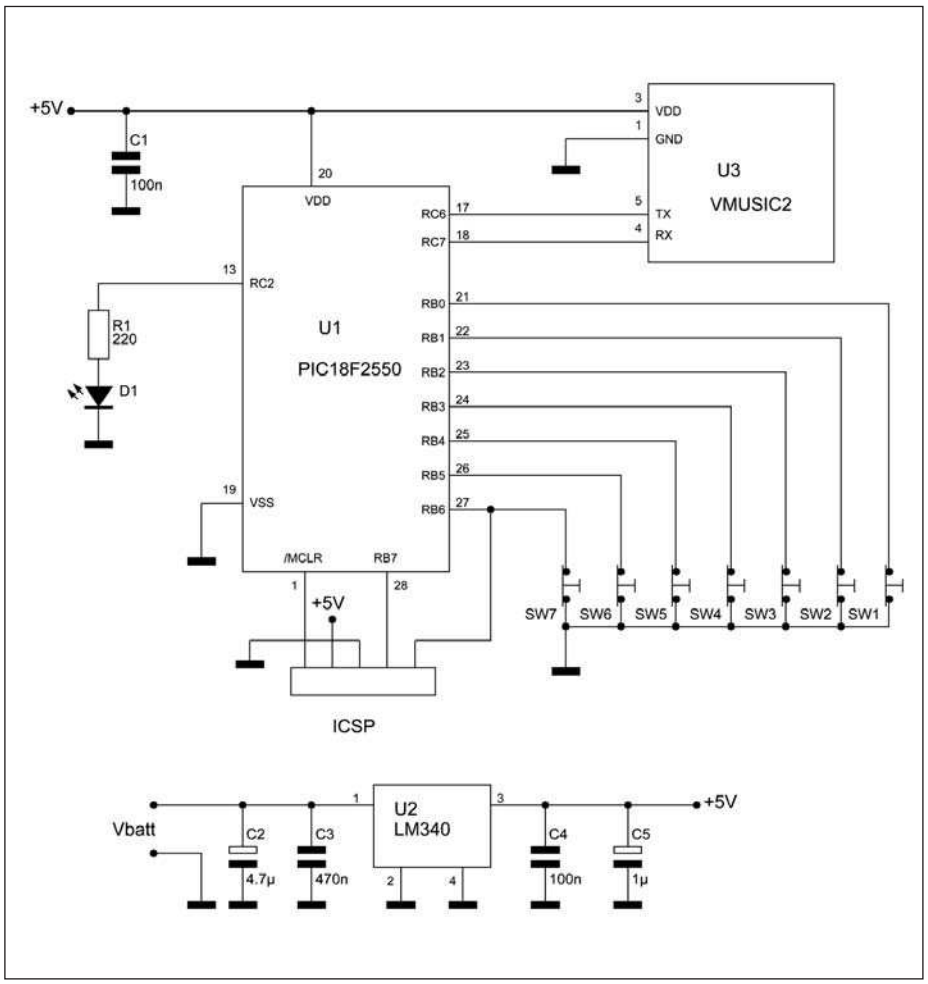


Figura 3: schema elettrico del lettore mp3.

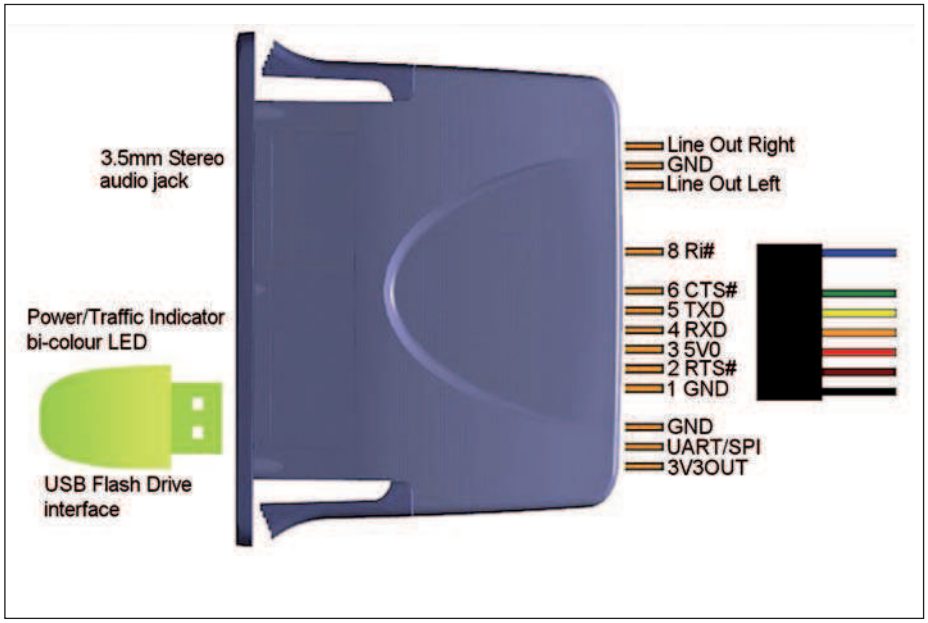


Figura 4: schema dei collegamenti del Vmusic2.

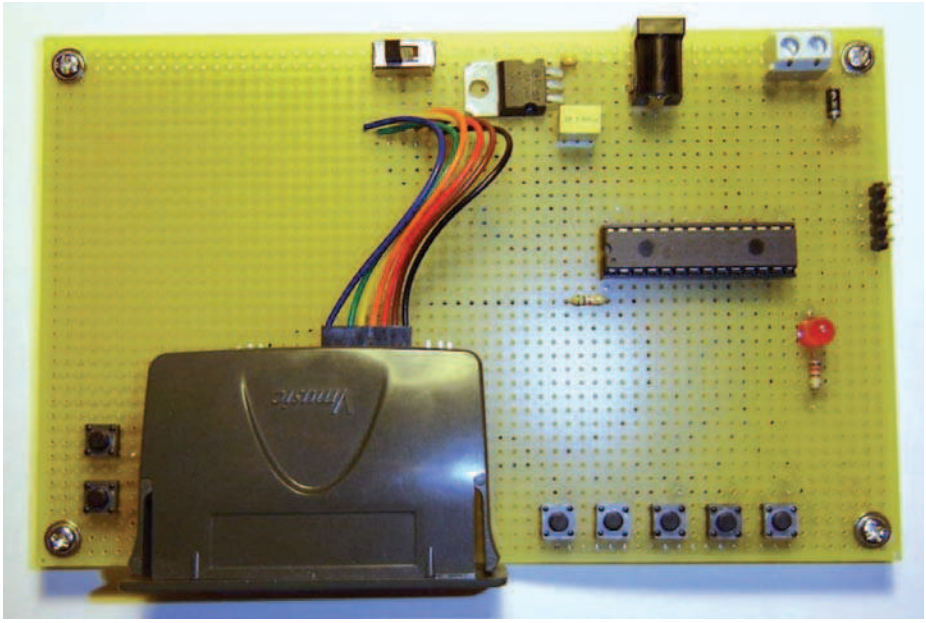


Figura 5: prototipo del Lettore MP3 realizzato su scheda millefori.

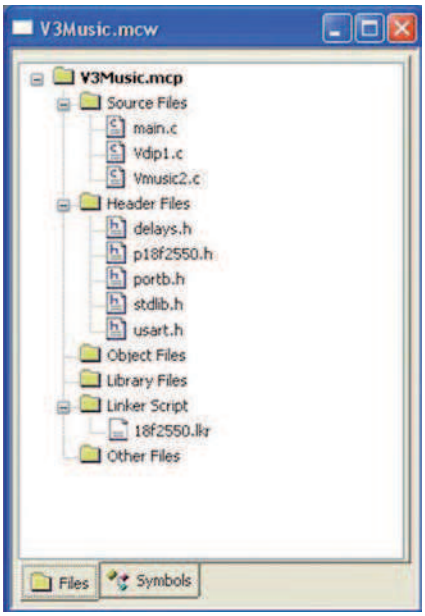


Figura 6: Project manager di MPLab IDE.

LISTATO **1** Codice in C18 della funzione PlayMP3All

```
/*********************************************************
* Function:        PlayMP3All
* PreCondition:     None
* Input:           None
* Output:          None
* Side Effects:     None
* Overview:       Play all mp3 file
* Note:            None

*********************************************************/
void PlayMP3All (void)
{
unsigned char length,i;
unsigned char TxCommand[20];
length = 4;
/* Set Buffer for trasmission */
TxCommand[0] = 'V';
TxCommand[1] = '3';
TxCommand[2] = 'A';
TxCommand[3] = 0x0D;

for (i=0;i<length;i++)
   {
     WriteUSART(TxCommand[i]);
     while (BusyUSART());
   }

/* End of transmission */
}
```

Vmusic2 attraverso la porta seriale bisogna impostare il relativo jumper in posizione pull-up. In **figura 4** è riportata la piedinatura del Vmusic2. Gli ultimi componenti costituenti il circuito sono il LED di segnalazione LED_1 ed il connettore ICSP per la programmazione in circuit. In **figura 5** è riportata un'immagine del prototipo montato.

FIRMWARE

Il firmware con il quale è stato flashato il PIC18F2550 è stato realizzato in C18, sotto l'ambiente di sviluppo proprietario Microchip MPLab IDE. Per quanto riguarda il Vmusic2, è stato utilizzato il firmware VMSC (music player, scaricabile dal sito della FTDI devices), che non è altro che una versione estesa del firmware VDAP (disk and peripheral) contente un set di comandi aggiuntivi per la gestione del playback audio. Diamo prima uno sguardo alle funzioni messe a disposizione dal Vinculum per la riproduzione dei file musicali, poi passeremo all'analisi del firmware con cui è stato programmato il PIC18F2550. In **tabella 1 a** ed **1 b** è riportato il set di comandi supportati dal Vmusic2. Ogni comando può essere inviato al Vmusic2 usando una delle due modalità (extended e short command set), a seconda di quella correntemente impostata sul chip Vinculum.

Il chip Vinculum

Il chip VNC1L è il primo dispositivo disponibile della famiglia Vinculum della FTDI. Le caratteristiche più interessanti di questo potente controller sono riportate di seguito:

- Core proprietario FTDI a 8/32 bit
- Doppio controller DMA per accelerazione hardware
- 64 Kbyte di embedded flash
- 4 Kbyte di RAM
- 2 porte USB slow/full Speed Host/slave
- Interfaccia di comunicazione UART, SPI, Parallela
- Core a 3,3V con ingressi 5V tolerant
- Low power operation (25 mA running mode/ 2mA sleep mode)

Il set di comandi esteso è più intuitivo, in quanto usa la codifica ASCII e comandi mnemonici, mentre il set di comandi short utilizza dei comandi codificati, che però richiedono un minore numero di byte. Nel simbolismo utilizzato dalla FTDI il punto indica il carattere ASCII spazio (0x20), mentre la freccia ad angolo retto indica il carattere ASCII CR (carriage return, 0x0D). Nell'applicazione in esame, non essendo strettamente necessario minimizzare il numero di byte dei comandi, è stato scelto l'extended command set. In questa prima versione non sono stati implementati tutti i comandi, ma solo quelli base per il funzionamento del circuito. Vediamo adesso come è stato sviluppato il firmware del PIC18F2550, che si occupa della gestione del modulo Vmusic2 e dell'interfacciamento con i pulsanti di controllo. Come detto in precedenza la piattaforma di sviluppo è l'ambiente integrato Microchip MPLab IDE, ed il compilatore è il C18 student edition. In **figura 6** è possibile vedere la finestra del project manager di MPLab IDE relativa al progetto del lettore MP3. Per la comunicazione con il modulo è stata utilizzata la libreria per la gestione della UART hardware del C18, mentre è stata

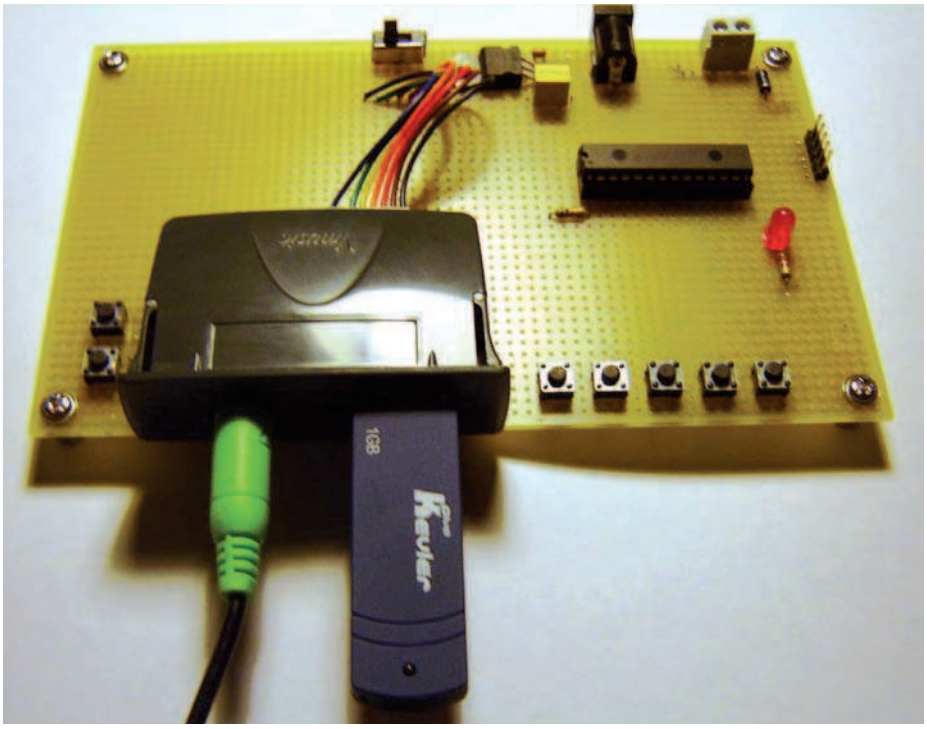


Figura 7: lettore mp3 collegato ad una memoria ed a una coppia di casse.

LISTATO 2
codice in C18 per il controllo del payback audio

```
// Playback Control
// ____________________
while(1)
{
  if (sw1 == 0)
  {
   RepeatMP3All();
   StopPlay = 0;
   waiting = 0;
  }
  else if (sw2 == 0)
  {
   BackTrack();
  }
  else if (sw3 == 0)
  {
   SkipTrack();
  }
  else if (sw4 == 0)
  {
   Pause();
   if (PlayPause == 0)
   PlayPause = 1;
   Else
   PlayPause = 0;
  }
  else if (sw5 == 0)
  {
   Stop();
   StopPlay = 1;
   LED1 = 0;
  }
  // Up Volume
  else if (sw6 == 0)
  {
   if (volume >= 100)
   {
   volume = volume - 1;
   SetVolume(volume);
   }
  }
  // Down Volume
  else if (sw7 == 0)
  {
   if (volume <= 255)
   {
   volume = volume + 1;
   SetVolume(volume);
   }
  }
if ((StopPlay == 0)
        &&(waiting == 0))
LED1 = !LED1;
if (PlayPause == 1)
LED1 = 1;
Delay1KTCYx(150);
}
```

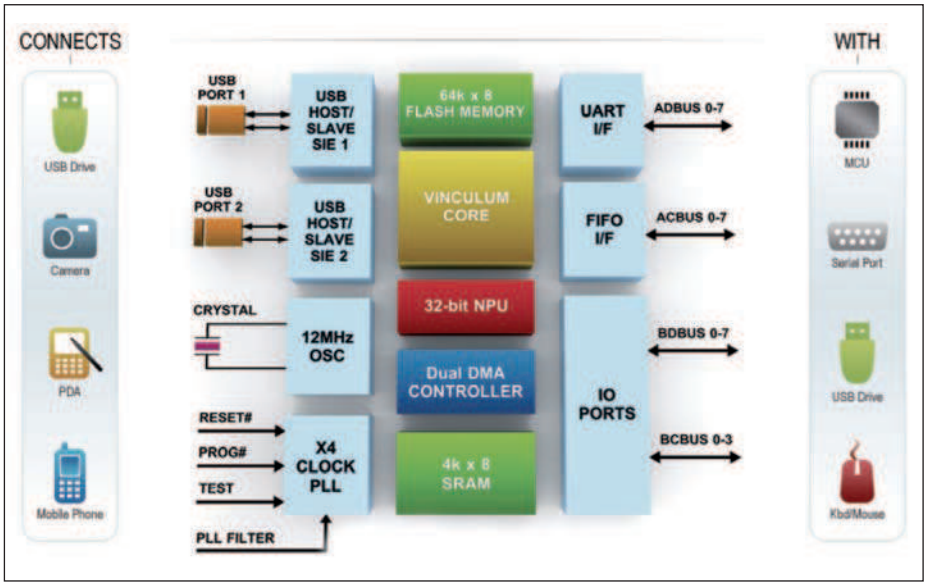


Figura 8: schema a blocchi del VNC1L.

sviluppata *ad hoc* la libreria Vmusic2.c, che fornisce una serie di funzioni ad alto livello per una semplice gestione del modulo. In **tabella 2** sono riportate le funzioni di alto livello incluse nella libreria Vmusic2.c. A titolo di esempio riportiamo il listato della funzione PlayMP3All, che riproduce in sequenza tutti i file MP3 contenuti all'interno della memoria USB collegata al Vmusic2. La funzione usa l'array di char TxCommand come buffer di trasmissione: dopo averlo riempito con il comando appropriato ed il codice di terminazione viene utilizzato un ciclo for e la funzione WriteUSART per inviare i dati sulla porta seriale del Vmusic2. Questa stessa struttura viene utilizzata anche per le altre funzioni della libreria. Nel caso di funzioni contenenti parametri, il parametro viene inserito all'interno del buffer dopo il comando, ed infine viene aggiunto il codice di terminazione. Vediamo adesso come è stato strutturato il codice in C18 caricato sul PIC18F2550. Dopo le varie definizioni per il preprocessore, la prima funzione che viene richiamata è la funzione di inizializzazione InitSystem(). Questa funzione si occupa di settare l'oscillatore intero alla frequenza di 8 MHz, inizializzare il LED ed i 7 pulsanti ed inizializzare correttamente la porta seriale. La porta UART è impostata a 9600 baud, con 8 bit di dati, 1 bit di stop e nessuna partità. Dopo la chiamata alla funzione di inizializzazione e l'invio di alcuni parametri iniziali al Vmusic2 (settaggio del volume iniziale), si passa alla gestione vera e propria del playback audio. Il frammento di codice cui è demandata la gestione del Vmusic2 in funzione dei comandi impartiti dall'utente è riportato all'interno del **listato 2**. Il funzionamento è basato su un ciclo while infinito all'interno del quale si decodifica il tasto premuto attraverso una catena condizionale if…then..else if. I comandi gestiti sono play, traccia avanti, traccia indietro, pausa, stop ed il controllo volume, per mezzo delle funzioni di alto livello contenute nella libreria Vmusic2.c. Come già accennato in precedenza, in questa prima versione non è stato prevista la possibilità di fornire informazioni sulla riproduzione attraverso un pannellino LCD, viene lasciata ai lettori intraprendenti l'implementazione di questa caratteristica aggiuntiva.

NOTE SULLA REALIZZAZIONE E SUL MONTAGGIO

L'uso del Vmusic2 in questo progetto semplifica notevolmente il lavoro dal lato Firmware, poiché la parte più gravosa, cioè la gestione del playback audio, con la conseguente gestione del controller host e della FAT della memoria USB ad esso collegata, sono interamente gestiti dal Vinculum in maniera del tutto trasparente. Il modulo Vmusic2 è facilmente reperibile on-line direttamente dal sito del produttore o presso la maggior parte dei rivendi-

TABELLA 2: LE FUNZIONI DI ALTO LIVELLO INCLUSE NELLA LIBRERIA VMUSIC2.C.

void PlayMP3All (void)	Palyback sequenziale di tutti i file mp3 contenuti nella memoria USB collegata al Vmusic2 (comando ASCII V3A).
void SkipTrack (void)	Passa alla traccia successiva della playlist (comando ASCII VSF).
void BackTrack (void)	Passa alla traccia precedente della playlist (comando ASCII VSB).
void PlayThatTrack (unsigned char name[20], unsigned char NameLength)	Inizia il playback della traccia specificata. Prende in ingress oil nome e la lunghezza del titolo della traccia.
void SetVolume (unsigned char volume)	Setta il volume del playback audio. Prende in input un byte con il valore del volume audio.
void Stop (void)	Arresta la riproduzione della traccia (comando ASCII VST).
void Pause (void)	Mette in pausa la riproduzione della traccia (comando ASCII VP).

Extended Command Set	Short Command Set (Hexadecimal Codes)	Function
VPF·*file*↵	*1D 20 file 0D*	Plays a single file
VRF·*file*↵	*89 20 file 0D*	Repeatedly plays a single file
VST↵	*20 0D*	Stops playback
V3A↵	*21 0D*	Plays all MP3 files
VRA↵	*8A 0D*	Repeatedly plays all MP3 files
VRR↵	*8F 0D*	Repeatedly plays random MP3 files
VSF↵	*25 0D*	Skip forward one track
VSB↵	*26 0D*	Skip back one track
VSD↵	*8E 0D*	Skip forward one whole directory
VP↵	*8B 0D*	Pause playback
VF↵	*8C 0D*	Fast forward 5 seconds
VB↵	*8D 0D*	Rewind 5 seconds
VRD·*byte*↵	*1F 20 byte 0D*	Reads command register
VWR·*byte+word*↵	*1E 20 byte word 0D*	Writes command register
VSV·*byte*↵	*88 20 byte 0D*	Sets playback volume

I comandi per la gestione del VMusic.

tori elettronici. Inoltre sul sito della FTDI sono disponibili gli schemi elettrici del circuito, quindi è anche possibile acquistare separatamente i componenti e realizzare il proprio modulo. Per chi volesse replicare il prototipo presentato in questo articolo suggerisco l'uso di una scheda millefori piuttosto ampia.
Questo semplificherà l'eventuale inserimento di componenti aggiuntivi, rendendo l'oggetto anche un'ottima scheda di sviluppo. Il montaggio dei componenti classici non richiede particolari accorgimenti, mentre per quanto riguarda l'interfacciamento del Vmusic2 alla vostra scheda avete 2 scelte. Utilizzare il cavetto in dotazione, asportando da uno dei due lati il connettore header femmina (poiché è a passo 2mm) e saldando i fili direttamente sulla basetta, oppure procurarvi una strip femmina a passo 2mm e costruirvi un vostro cavetto di interfacciamento. In **figura 7** è riportata un'immagine del prototipo collegato ad una memoria USB ed ad una coppia di casse da PC. Il controller può essere flashato con differenti versioni del firmware, a seconda dell'applicazione per cui lo si intende utilizzare. Le versioni attualmente disponibili sono:

- VDAP – *Disk And Pheripheral*: è uno dei firmware più generali, configura la porta USB 2 come USB host, e la porta USB 1 come USB slave, con il monitor attivo sulla porta 2. Utilizzato per interfacciare dispositivi USB BOMS (Bulk Only Mass Storage), ossia le classiche "chiavette" USB.
- VDIF – *Disk and FTDI Interface*: simile al VDAP, con la differenza che se sulla porta 1 viene rilevato un dispositivo di interfaccia FTDI (es. FT232), il monitor diventa attivo sulla porta 1.
- VMSC – *Music Player*: basato sul VDAP, con un set di comandi aggiuntivi per la gestione del playback audio tramite il VLSI VS1003. E' il firmware con cui è stato programmato il Vmusic2 per questa applicazione.
- VCDC – *Communication Device Class*: firmware che implementa una porta USB CDC sulla porta USB 1 del chip Vinculum.
- VDFC – *Disk and file copier*: usando questo firmware il monitor fornirà l'accesso ad entrambe le porte USB (configurate come host), fornendo la possibilità di effettuare trasferimento di dati tra i due dispositivi collegati. ❑

CODICE MIP 2756687

di MASSIMILIANO MIOCCHI

Progettare gli alimentatori *(parte quarta)*

STABILIZZATORE a diodo *zener*

La realizzazione di una rete di stabilizzazione semplice, con l'ausilio di un componente comunemente usato per tali scopi, il diodo zener

Per meglio comprendere il concetto di stabilizzazione e stabilità, si darà prima un cenno sulle caratteristiche del diodo zener. Come molti sapranno, il diodo zener è un componente a semiconduttore la cui caratteristica corrente tensione in polarizzazione diretta ed inversa è del tutto simile a quella di un normalissimo diodo al silicio, come il famoso 1N4007. In polarizzazione inversa la situazione si mantiene simile a quella di un normale diodo per piccole escursioni della tensione inversa e non per ampi valori chiaramente, per la quale si nota un aumento della corrente che possono danneggiare il diodo. In gergo il nome che si attribuisce a tale fenomeno che si manifesta per valori della tensione inversa V_γ di zener è detta tensione di breakdown. Questo fenomeno per i diodi con valore della tensione V_γ <5V è da attribuire all'effetto di campo elettrico del diodo zener, analogamente è da attribuire all'effetto valanga nei diodi la cui tensione V_γ >7V. Un altro parametro importante è la resistenza dinamica Rz definita come il rapporto tra le variazioni della tensione di zener Vz e la corrispondente corrente di zener Iz, in formula

$$R_z = \frac{\Delta V_z}{\Delta I_z} \qquad [1]$$

Per meglio comprendere la relazione [1] facciamo uso della caratteristica dinamica di un diodo zener reale come da **figura 1**. Dalla **figura 1** si comprende come per valori di tensione di zener più stabili al variare della corrente, quanto più piccolo sarà il valore della resistenza dinamica, che non potrà mai raggiungere valori prossimi allo zero, ma sicuramente molto piccoli. Se si prevede di utilizzare uno zener in un dispositivo sottoposto ad ampie escursioni della corrente che circola nel carico, allora è buona norma considerare l'uso di diodi zener con resistenza dinamica piccola, dell'ordine di pochi ohm.

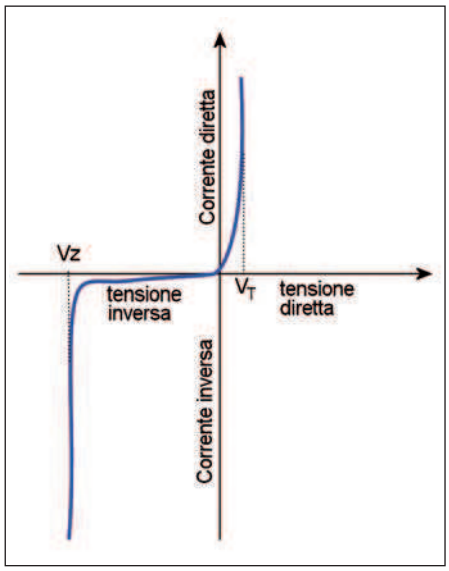


Figura 1: caratteristica dinamica di un diodo zener

EFFETTO ZENER

L'effetto zener si ottiene applicando al diodo una tensione inversa di valore limitato, in questa circostanza abbiamo una debole corrente che circola in esso come somma della corrente di fuga superficiale e la corrente di saturazione dovuta alle sole cariche minoritarie che trovano nella giunzione del diodo p-n una barriera favorevole. Se aumentiamo la tensione inversa portandola a valori molto alti si può raggiungere un valore di

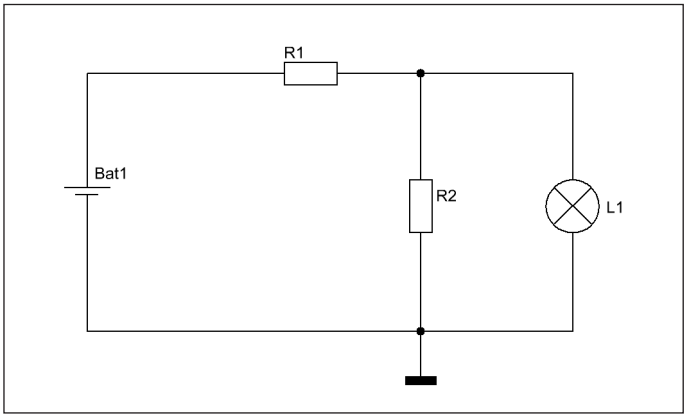


Figura 2: un esempio di alimentazione di un circuito.

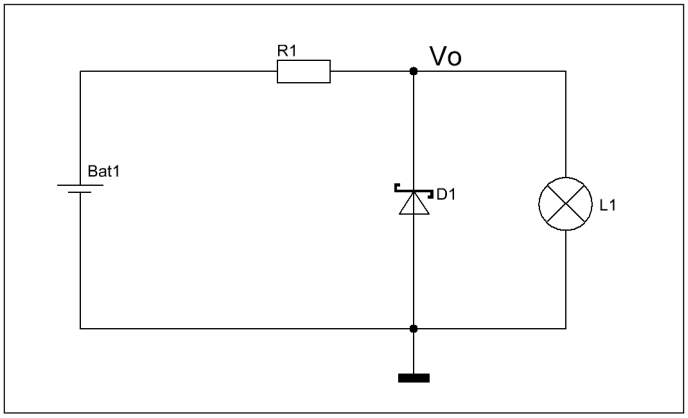


Figura 3: stabilizzatore a diodo zener.

campo tale da causare una spontanea distruzione dei legami covalenti presenti nel semiconduttore, determinando la creazione continua di coppie lacuna-elettrone, che comporta via via un crescendo dell'incremento della corrente. Questo è l'effetto zener.

EFFETTO VALANGA

L'effetto valanga si manifesta quando gli elettroni accelerati dal campo elettrico formatosi per effetto della polarizzazione inversa, per effetto degli urti danno origine a coppie di elettrone-lacuna che per medesimo effetto a loro volta daranno origine ad altre coppie elettrone lacuna, appunto da ciò deriva l'effetto valanga. Sostanzialmente è un processo di continui urti. Questo effetto porta ad una drastica diminuzione della resistività del diodo con conseguente aumento della corrente. I due processi, effetto zener ed effetto valanga sono simili, solo che nel primo, effetto zener, vi è un fenomeno di ionizzazione per urto, nell'effetto a valanga contrariamente si ha un continuo accelerare delle cariche libere dal campo, che urtando con altri atomi del reticolo cristallino (giunzione p-n) provocano il formarsi a valanga di coppie elettrone-lacuna.

REGOLATORE DI TENSIONE CON IL DIODO ZENER

Ora cominciamo con il fare delle considerazioni. Una tra le configurazioni più frequenti che si incontrano nella pratica, è la possibilità di alimentare un apparecchiatura avendo a disposizione una batteria. Supponiamo di voler alimentare un circuito a 12 volt, sapendo però che il carico ammette solo 9 Volt, come da **figura 2**. In questa situazione occorre precisare che una batteria non ha una tensione costante, ma varia in funzione della corrente assorbita dal carico e dal suo stato di carica, quindi pur ammettendo di dimensionare le resistenze R1 e R2 in modo da avere ai capi di quest'ultima una caduta di 9 Volt, in breve tempo avremmo una drastica diminuzione della tensione dovuta allo stato di carica della batteria stessa. Se ne conviene che questo tipo di soluzione non è assolutamente conveniente e ne pratica, sulla base di questo piccolo esempio e tenendo conto delle considerazioni fatte sull'effetto zener, possiamo trasformare il circuito di **figura 2**, sostituendo ad R2 un diodo zener, come mostra la **figura 3**. L'idea di utilizzare lo zener è nata dalla necessità di tenere la tensione Vo costante, nonostante le eventuali escursioni (limitate) della tensione fornita dalla batteria Batt1. L'analisi del circuito di **figura 3** è molto semplice: se la corrente assorbita dal carico I_L aumenta, si ha una diminuzione della corrente Iz del diodo zener, dal momento che si è supposto che la corrente fornita dalla batteria è costante,come lo è la sua tensione. Analogamente se la corrente che scorre nel carico I_L diminuisce, si avrebbe un aumento della corrente di zener Iz,quindi questo ci porta a fare una considerazione, che ad un incremento o decremento della corrente che scorre nel carico L1, corrisponde un decremento o un incremento della corrente di zener Iz. Supposto che la corrente della batteria è costante, si deduce che costante è anche la caduta di tensione sulla resistenza dinamica del diodo zener Rz e ciò contribuisce a tenere la tensione di uscita Vo costante, sempre nell'ipotesi che anche la tensione della batteria sia costante. Analogamente, supponiamo che la tensione della batteria subisca una diminuzione, avremo una minore caduta di tensione sulla resistenza dinamica del diodo zener, che sarà compensata da una diminuzio-

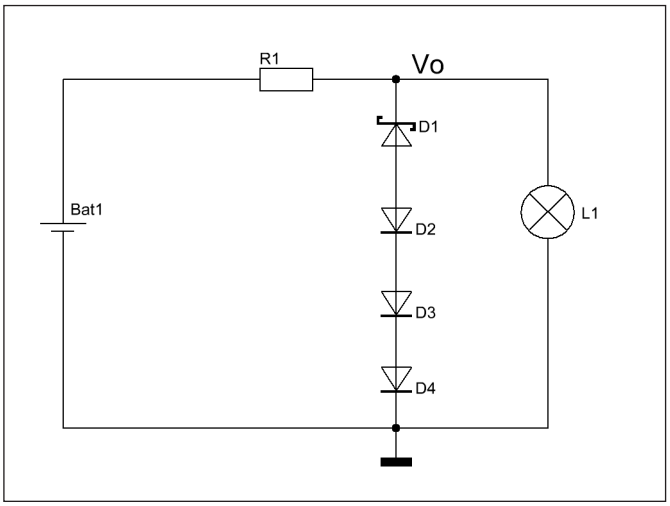


Figura 4: compensazione della deriva termica del diodo Zener.

ne di Iz rimanendo costante la corrente sul carico I_L e di riflesso la tensione Vo. Questo è vero solo se persiste la seguente relazione di ordine:

$$V_0 = const \Leftrightarrow Batt1 > V_0 \qquad [2]$$

EFFETTI TERMICI SULLA STABILITÀ

Un aspetto importante sono gli effetti termici sulla stabilità di una stabilizzazione, pocanzi abbiamo accennato all'eventualità di una variazione della tensione di ingresso, che nel nostro circuito è fornita da una batteria; però esiste ed è concreta la possibilità che la tensione di zener Vz subisca delle variazioni in un intorno del valore stesso nominale, a causa di un aumento della temperatura, sia dovuta all'ambiente in cui opera e sia dal fatto che possa scaldarsi conseguente ad una forte dissipazione, quindi alla corrente di zener Iz. Per comodità assumiamo come suffisso per il valore nominale della tensione di zener Vzn, e per la corrente Izn. Supposto a priori che tutto sia eseguito a temperatura ambiente, quindi T_{amb}=25°C, definiamo quanto segue. Abbiamo agli inizi di questo corso dato una definizione molto semplice di effetto zener ed effetto valanga, senza addentrarci troppo nei concetti profondi della chimica e della fisica, questo per rendere meno difficoltosa la comprensione del processo; contestualmente alle diverse precisazioni sull'utilizzo del diodo zener e delle sue peculiarità, nasce spontanea la considerazione sui coefficienti di temperatura che sono nativi di tutti i semiconduttori. Nei diodi zener aventi tensioni di zener Vzn<5.6V il coefficiente termico è negativo, questo vuole dire che Tj è negativo e che ogni variazione della temperatura di giunzione Tj ne consegue una variazione della resistenza differenziale. Più precisamente ad un incremento della temperatura di giunzione Tj la resistenza differenziale subisce un decremento. Viceversa per diodi zener con tensione di zener Vzn>5.6V presentano un coefficiente termico positivo. Ciò significa che ad un incremento della temperatura di giunzione Tj consegue un incremento della resistenza differenziale. Questo aspetto provoca una variazione della tensione di zener nominale Vzn nell'intorno del suo punto, precisamente tra V_{zmin} e V_{zmax}. Si ricorre ad un accoppiamento per compensare questa variazione ed è porre in serie al diodo zener n diodi in polarizzazione diretta, la cui somma dei coefficienti di temperatura deve essere uguale al valore del coefficiente termico del diodo zener. Ad esempio, nell'ipotesi che il diodo zener abbia un coefficiente termico pari a +0,6mv/°C, per compensare le variazioni basterà porre in serie ad esso in polarizzazione diretta tre diodi comuni con coefficiente negativo ognuno pari a -0,2mv/°C, in modo da annullare gli effetti lungo la catena dei coefficienti termici come mostrato in **figura 4**. A questo punto siamo perfettamente in grado di dimensionare uno stabilizzatore con un diodo zener, teniamo presente che per fare ciò abbiamo bisogno di conoscere la tensione di ingresso Vi, la tensione di uscita Vo e la corrente assorbita dal carico nelle diverse condizioni di funzionamento. Teniamo ben in mente che la tensione di uscita Vo sarà uguale alla tensione di zener nominale che è compreza tra V_{zmin} e V_{zmax}. Contestualmente, anche la resistenza di zener Rz assumerà un valore compreso in un intervallo del tipo:

$$R_{z\,min} \le R_z \le R_{z\,max} \qquad [3]$$

E con riferimento alla **figura 4** possiamo ricavare le due relazioni con cui calcolare il valore della resistenza di zener.

$$R_{z\,min} = \frac{V_{batt\,max} - V_z}{I_{L\,min} + I_{z\,max}} \qquad [4]$$

$$R_{z\,max} = \frac{V_{batt\,min} - V_z}{I_{L\,min} + I_{z\,min}}$$

dove $Vbat_{min}$ è il valore minimo di escursione della batteria Batt1, le cui cause possono essere attribuite a diversi fattori, la temperatura lo stato della carica e l'assorbimento da parte del carico.
I_{Lmin} è il valore della corrente che circola nel carico. Iz_{min} è la corrente minima che può essere richiesta dal diodo zener e si trova subito dopo il ginocchio, nella curva della caratteristica tensione corrente di **figura 1**. La **figura 1** raffigura la trans-caratteristica di un diodo zener in polarizzazione diretta ed inversa. Una considerazione importante è che in presenza del carico, sempre con riferimento alla **figura 4**, la corrente nominale o totale sarà uguale alla somma della corrente di zener Iz e la corrente del carico stesso I_L, quindi:

$$I_T = I_z + I_L \qquad [5]$$

Nell'ipotesi di assenza del carico, tutta la corrente erogata dalla batteria circola per il diodo zener ed è limitata solo dalla resistenza R1, ciò rappresenta una situazione più gravosa per lo steso diodo, dove la tensione è pari alla tensione massima assunta dalla batteria. Si rende necessario verificare se il valore attribuito alla resistenza Rz è tale che in assenza del carico, la corrente di zener non assuma valori superiori specificato nei datasheet del diodo usato, secondo la relazione:

$$I_{z\,max} = \frac{V_{z\,max} - V_z}{R_z} \qquad [6]$$

Nel caso in cui non sia possibile risalire a questo parametro, quindi alla corrente massima di zener, lo si può determinare ricavandolo dalla potenza nominale del diodo zener secondo la formula:

$$I_{z\,max} = \frac{P_z}{V_{zn}} \qquad [7]$$

Concludendo possiamo legare il valore della potenza nominale del diodo zener, quindi nelle condizioni più gravose di funzionamento al carico e al valore massimo assunto dalla tensione della batteria, secondo quest'altra relazione:

$$P_{z\,max} = \left(V_{batt\,max} - V_z\right)\frac{V_z}{R_z} - \left(I_{L\,min} V_z\right) \qquad [8]$$

Quest'ultima relazione è molto comoda anche per una verifica della potenza dissipata dal diodo zener in assenza del ca-

rico, dato che tutta la corrente erogata dalla batteria circola nel diodo. A titolo esemplificativo possiamo fare un esempio di calcolo, sempre considerando la **figura 4**: supponiamo di voler alimentare la lampadina L1 con una tensione di 7,5Volt, il cui assorbimento vari da 10mA-50mA. Abbiamo detto precedentemente come una batteria possa assumere valori di tensione in un intorno del suo valore nominale, quindi supposto che la tensione nominale della batteria abbia un escursione:

$$11V \leq V_{batt1} \leq 14V$$

e la tensione di uscita Vo=Vz sia Vo=7,5Volt e avendo stabilito un assorbimento da parte del carico oscillante tra 10mA-50mA in questa ipotesi avremo che la corrente minima assorbita dal carico sarà pari a 10mA e il valore massimo di 50mA. Per poter procedere al calcolo, prendiamo in esame il diodo zener 1N4737 per il quale sono forniti i seguenti valori:

Pzmax=1W
Vzn=7,5V
Iz=40mA

Per convenzione assumiamo I_{zmin}=10mA anche se è lecito supporlo, sarebbe stato meglio usufruire di una curva caratteristica del diodo zener e leggere esattamente su questa il valore della corrente subito sotto il ginocchio. Per convenzione con diodi la cui potenza dissipabile Pz sia compresa tra 0.5 e 1W il valore della corrente di zener minimo può essere fissato tra 5 mA o 10mA.
Sostituendo i valore noti nella relazione [7] si ricava il valore della massima corrente che può circolare nel diodo zener, di fatto abbiamo che la corrente I_{zmax} è pari:

$$I_{z\,\max} = \frac{P_z}{V_{zn}} = 133mA$$

Analogamente per sostituzione dei valori alle relazioni [3] e [4], ricaviamo:

$$R_{z\,\min} = \frac{V_{batt\,\max} - V_z}{I_{L\,\min} + I_{z\,\max}} = 45\Omega$$

$$R_{z\,\max} = \frac{V_{batt\,\min} - V_z}{I_{L\,\min} + I_{z\,\min}} = 58\Omega$$

Quindi il valore della resistenza di zener nominale Rzn deve essere compreso nell'intorno del valore minimo e massimo assunto, più precisamente tra 45 e 58 Ohm, di conseguenza scegliamo un valore pari a Rzn=56 Ohm. Quindi ricalcoliamo il valore della corrente di zener massima secondo la relazione [6]:

$$I_{z\,\max} = \frac{V_{z\,\max} - V_z}{R_z} > I_z \Rightarrow I_{z\,\max} = 116mA$$

Decisamente minore del valore di 133mA. Analogamente ricalcoliamo la potenza che deve dissipare la resistenza di zener Rz, poiché questa in assenza del carico, è attraversata dalla corrente I_{zmax}=116mA da cui la potenza che è data dal prodotto della resistenza di zener nominale per il quadrato della corrente di zener massima, di conseguenza abbiamo:

$$P_{zn} = R_{zn} I_{z\,\max}^2 = 0,75W$$

È chiaro che utilizzeremo valori più prossimi, quindi in grado di dissipare almeno 1Watt.

OSSERVAZIONI

In questa parte del corso abbiamo analizzato la possibilità di stabilizzare la tensione di uscita, ricorrendo alle caratteristiche di un diodo zener, il lettore tenga presente che sul mercato esistono diodi zener programmabili come il TL431 o LM431, a cui non ho fatto riferimento data la scarsa usabilità di tale accorgimento. Teniamo presente che stabilizzare tensioni con forti correnti, parliamo di diverse ampere, il diodo zener è praticamente inutilizzabile, sia per la dissipazione a cui sarebbe sottoposto e sia per la stabilità di stabilizzazione del proprio punto di lavoro nel suo intorno. A tale proposito vedremo nella prossima sezione l'uso di sistemi molto più convenzionali capaci di raggiungere alti valori di stabilità con correnti dell'ordine di decine di ampere, sistemi normalmente utilizzati negli alimentatori stabilizzati. Questi sistemi faranno uso dei BJT utilizzati come regolatori. ❑

CODICE MIP 2756703

CODICE MIP 2760627

di IGINIO COMMISSO I2UIC

UNA SCART MULTIPLA MODIFICATA

Questa ciabatta SCART modificata, vi permetterà di lasciare diversi utilizzatori sempre inseriti, evitando interferenze per ottenere una buona riproduzione di audio e video

Chi di voi ha già avuto modo di utilizzare delle ciabatte SCART in commercio, si sarà accorto che queste, almeno quelle più economiche, non funzionano bene in quanto i vari segnali audio e video interferiscono tra loro. Questo cattivo funzionamento è dovuto al fatto che i collegamenti tutti in parallelo il che comporta, oltre a interferenze tra i segnali, un abbassamento dei livelli a causa delle resistenze interne. In alcuni modelli l'attenuazione del segnale è tale che si rende necessario un alzamento del volume dell'apparato per iquanto riguarda l'audio, mentre per il video non vi sono soluzioni se non quella di disconnettere dalla ciabatta SCART i dispositivi non utilizzati.

ECCO LA SOLUZIONE

Per ovviare a questi inconvenienti, si è pensato di realizzare una scheda SMD, con commutazioni elettroniche per il suono e con relè, per il video. Si tratta di separare dall'originale parallelo, tutto quello che può influenzare i segnali, riducendoli ed alterandoli e per questo non c'è migliore soluzione che la separazione fisica delle connessioni. Sono stati aggiunti anche 6 led che indicano quale delle SCART inserite è attualmente in funzione. Come optional non poteva mancare un jack stereo da 3,5mm per l'uscita audio, collegabile ad una cuffia o ad una radio cuffia. Su questa uscita sarà presente il segnale audio relativo alla SCART attualmente in uso. La modifica prevede che la ciabatta sia alimentata con un alimentatore esterno. Per questo scopo può essere utilizzato un comune alimentatore universale da parete da 12V e qualche centinaio di mA. Nello schema elettrico di **figura 1**, la parte riguardante il pilotaggio dei due relay, è unica, in quanto identica per tutte le linee, cambiano solo le due voci del pilotaggio (8VCR e 8COM), ed è riassunta con il tratteggiato Q1 e Q2. Questo sistema è stato testato con successo su due tipi di televisori, di cui uno LCD a 32". Per proseguire, è necessario dare uno sguardo ai collegamenti della presa scart **(figura 4)**. In questo caso i più importanti sono il pin 20 che è l'ingresso video/composito, segnale usato dalla maggior parte degli utilizzatori, nel nostro caso, tutti salvo il DVD ed il DIGITALE TERRESTRE e SATELLITARE. L'uscita verso il televisore di questi segnali opportunamente commutati, avviene tramite il pin 19.

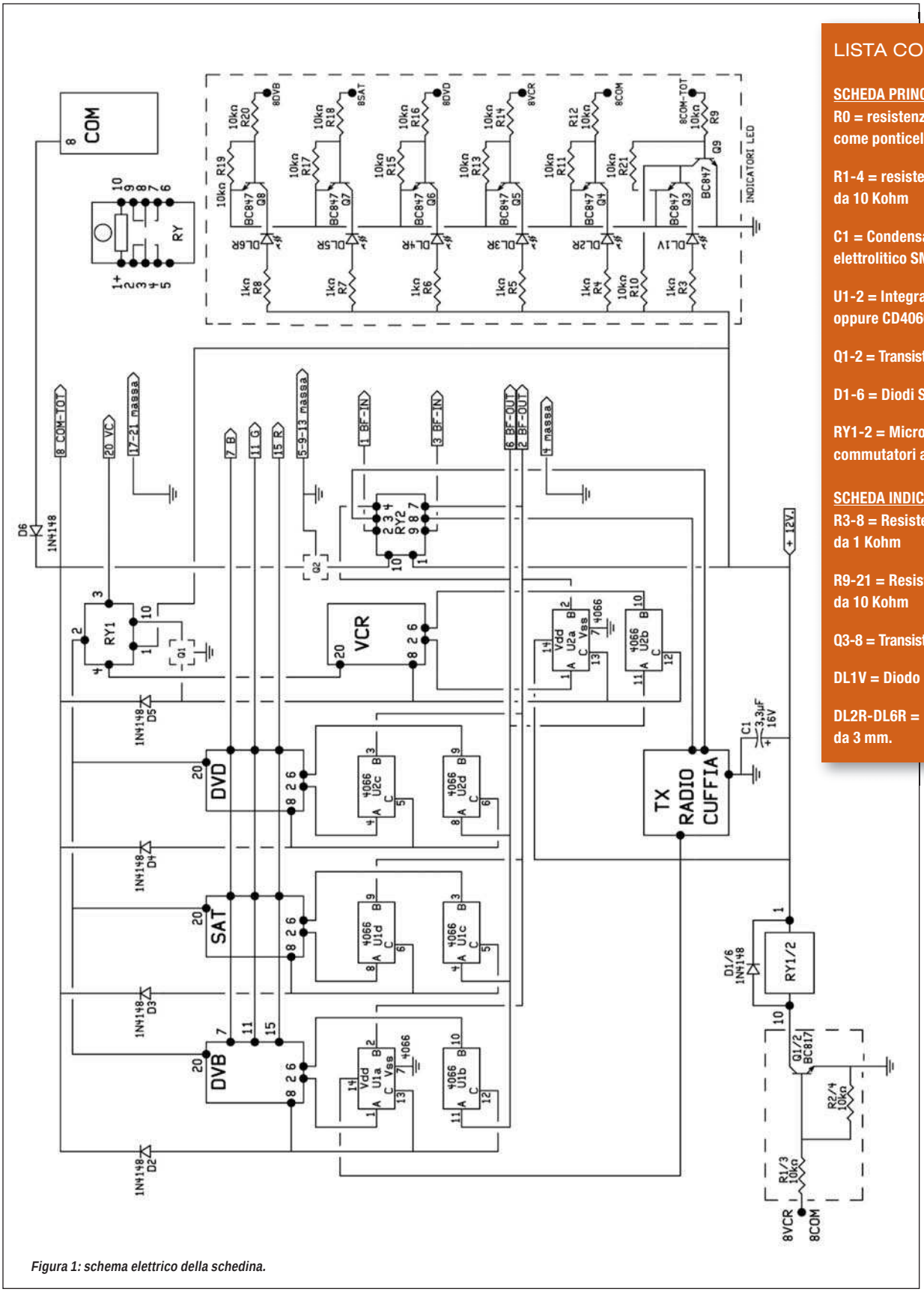


Figura 1: schema elettrico della schedina.

LISTA COMPONENTI

SCHEDA PRINCIPALE

R0 = resistenza SMD da 0 ohm, come ponticello

R1-4 = resistenze SMD 1206 da 10 Kohm

C1 = Condensatore elettrolitico SMD al tantalio 3,3uF

U1-2 = Integrati SMD HCF4066 oppure CD4066

Q1-2 = Transistori NPN SMD BC817

D1-6 = Diodi SMD 1N4148

RY1-2 = Micro-relay doppi commutatori a 12 Volt

SCHEDA INDICATORI LED

R3-8 = Resistenze SMD 1206 da 1 Kohm

R9-21 = Resistenze SMD 1206 da 10 Kohm

Q3-8 = Transistori NPN SMD BC847

DL1V = Diodo led verde da 3 mm.

DL2R-DL6R = Diodi led rossi da 3 mm.

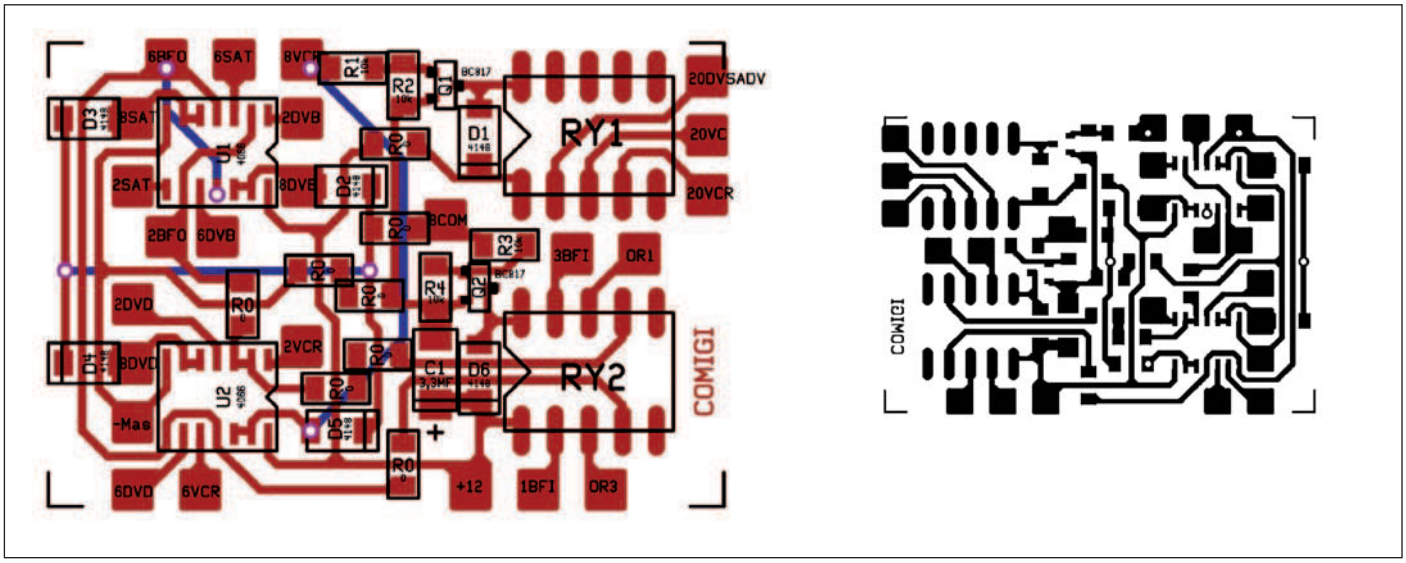


Figura 2:disposizione componenti sul circuito stampato, scala 4:1.

Figura 3: riproduzione del c.s. In scala 1:1.

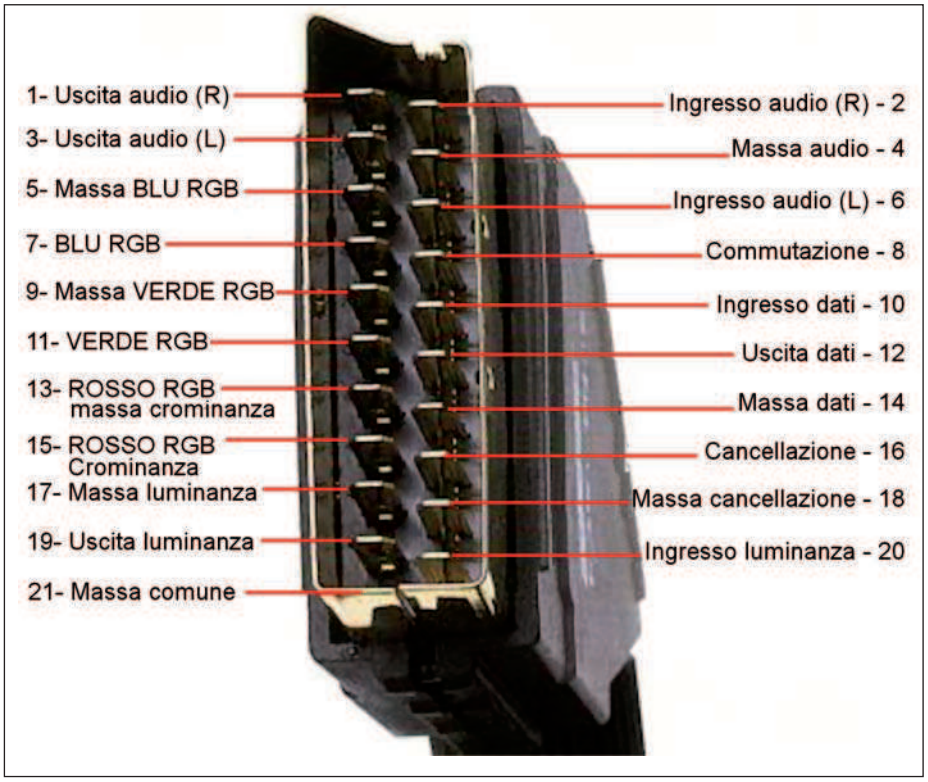


Figura 4: i collegamenti delle prese Scart.

Altri pin importanti di questa presa, sono quelli RGB, corrispondenti al blu (pin 7), verde (pin 11) e rosso (pin 15) in cui l'entrata e l'uscita sono gli stessi in parallelo. Le entrate audio sono sui pin 2 (audio destro) e pin 6 (audio sinistro), con le rispettive uscite al pin 1 (audio destro) e pin 3 (audio sinistro). E' importante la funzione del pin 8, che se alimentato a 12 Volt blocca l'ascolto dei programmi TV e passa all'utilizzatore della SCART, acceso in quel momento. Le funzioni di commutazione, sono miste e usano due relay doppi per i segnali video (a bassa impedenza) e due integrati commutatori digitali C/MOS HCF 4066 per i segnali audio (ad alta impedenza), i quali hanno dimostrato commutazioni ben isolate e immuni da disturbi per segnali vicini. In complesso il sistema SCART si è dimostrato molto utile e funzionale, anche se adesso si sta passando a connessioni più veloci, di dimensioni più contenute e video ad alta definizione.

IL MONTAGGIO

Procuratevi una SCART multipla da 5 posti. Va bene qualsiasi modello, anche quelli più economici reperibili nelle fiere o nei supermercati. Identifichiamo i 5 slot, come COM, VCR, DVD, SAT e DVB a partire dalla presa più vicina al cavo. La prima operazione da fare è la modifica delle piste della ciabatta, il tutto abbastanza facile, osservando l'elaborazione della **figura 8**. Basterà utilizzare un taglierino per interrompere le piste segnate con la righetta rossa verticale e poi quando saranno da collegare i fili, attenersi al numero orizzontale della pista che poi è quello della presa scart, abbinato al verticale dell'utilizzatore. I fili possono essere saldati saldati direttamente sullo stagno dei contatti della presa SCART. Sempre sul circuito stampato delle prese scart, vanno fatti i ponticelli delle masse, evidenziati sulla destra della **figura 8**. Nella **figura 14**, è evidenziata l'aggiunta del diodo D6 sul circuito stampato della SCART. Il secondo lavoro è fare il circuito stampato, prendendo come riferimento la **figura 3**. I due micro relè, sono dei doppi commutatori a 12 Volt a cui sono stati piegati a

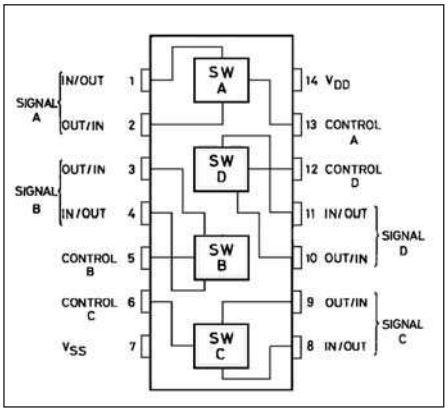


Figura 5: schema interno dell'integrato commutatore HFC4066.

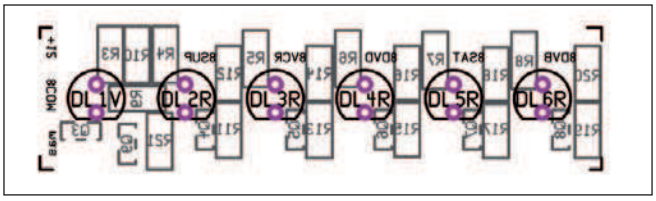


Figura 6: disposizione componenti sul c.s. dei led, scala 4:1.

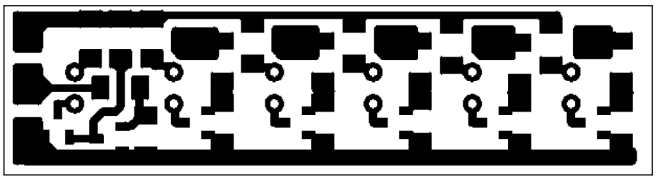


Figura 7: circuito stampato dei led in scala 1:1.

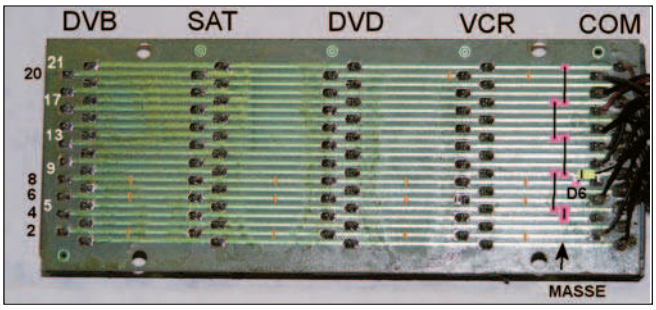


Figura 8: foto c.s. ciabatta con i punti da tagliare e collegare.

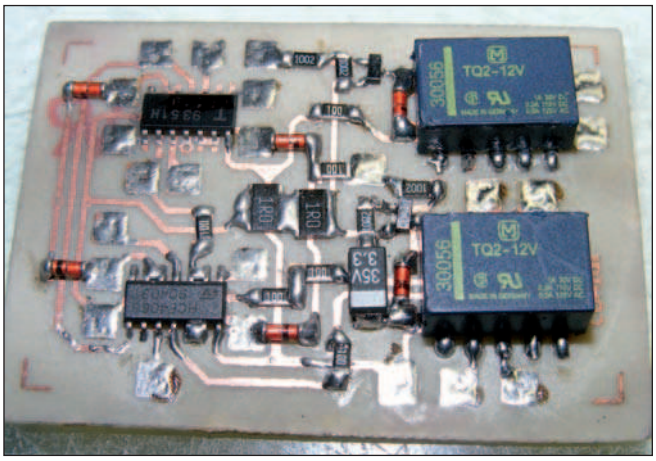


Figura 9: il circuito stampato SMD, montato.

circuiti stampati in 24 ore

garantiamo il tempo di consegna: 24 ore o i circuiti sono gratis

Potrete scegliere tra singola e doppia faccia con foro metallizzato. Con solder e serigrafie per uno stampato di alta qualità o solo piste stagnate per un prototipo a basso costo.
Prezzi a partire da* € 14,38 (doppia faccia foro metallizzato 7,50x7,50 cm) e da € 9,13 (singola faccia 7,50x7,50 cm) per FR4 1,6 mm con rame 35 µm, **tutti comprensivi di attrezzatura.**
Nessuna limitazione sul numero dei fori, sul numero degli utensili (diametri) e sul tipo di scontornatura (anche tondeggiante).
Distanza minima tra le piste e pista minima 8 mils (0,20 mm).

PREVENTIVO ANONIMO, GRATUITO ED IMMEDIATO con il nostro calcolatore online.

+ QUALITÀ - TEMPO

CODICE MIP 2720186

visita il nostro sito per il dettaglio delle note tecniche

www.mdsrl.it

millennium md dataware

millennium dataware srl
parco scientifico e tecnologico
15050 rivalta scrivia - tortona (al)
tel. 0131 860.254 fax 0131 860157
www.mdsrl.it info@mdsrl.it

* i prezzi si intendono iva esclusa e calcolati sul singolo pezzo - ordine minimo 2 pezzi

Figura 10: la ciabatta , dopo la modifica, vista dall'esterno.

Figura 11: il relay con i piedini ripiegati.

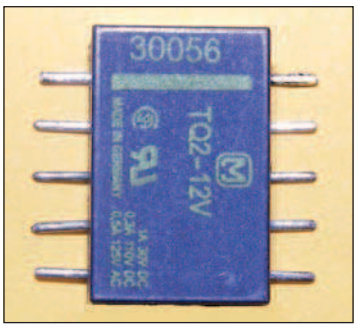


Figura 12: montaggio del circuito led.

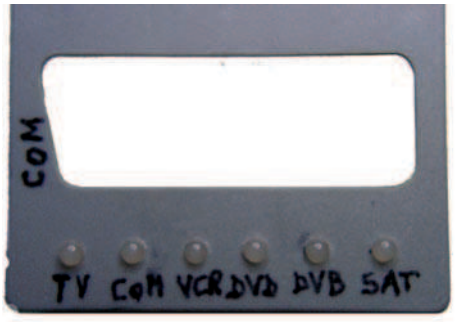


Figura 13: vista esterna dei led montati.

Figura 14: particolare del diodo D6 aggiunto sul c.s. della SCART.

90° i piedini e saldati a superficie, senza forare il circuito **(figura 9)**. Questi relè, sono pilotati da altrettanti transistor SMD BC817. Il circuito led, tratteggiato in **figura 1**, non è indispensabile al funzionamento. Se decidete di montarlo potrete realizzare il circuito stampato di **figura 6**. Il primo led è verde e segnala quando si utilizza solo il televisore, mentre gli altri 5 sono rossi e si accendono automaticamente quando il rispettivo apparato è in funzione. Il collaudo è semplicissimo: si tratta solo di accendere ogni singolo apparato e verificarne il corretto funzionamento sul televisore. Se avete montato anche la sezione led, verificate che il relativo led sia acceso. Come già consigliato è buona norma spegnere sempre gli apparati non in uso.

UN PO' DI STORIA

Prima dell'introduzione dello standard SCART, introdotto nel 1978 ma entrato in uso negli anni successivi, gli apparecchi televisivi e i videoregistratori adottavano numerosi sistemi per permettere il collegamento. Oltre al classico connettore d'antenna si avevano connettori secondo lo standard DIN negli apparecchi di costruzione europea o connettori RCA negli apparecchi d'oltreoceano. Per il segnale video venivano inoltre utilizzati anche i connettori BNC. Per portare i segnali video da televisore a videoregistratore e viceversa si dovevano utilizzare fino a sei cavi separati. C'erano inoltre differenze fra i livelli dei segnali video tali per cui talvolta non era possibile ottenere un collegamento di qualità accettabile. Lo standard SCART portò ad un solo connettore per tutti i segnali necessari ed una standardizzazione dei livelli degli stessi. Alla fine degli anni ottanta lo standard venne esteso per permettere di veicolare anche i segnali S-Video ovvero segnali con luminanza e crominanza separati, ottenendo un ulteriore aumento della qualità del segnale video. Non essendo previsto nessun segnale che indichi l'utilizzo di tale modalità occorre in genere configurare gli apparecchi per utilizzarla.

Prima della diffusione del collegamento SCART, il modo comune di collegare apparecchi al televisore era di trasformare i segnali video e audio in un segnale in radiofrequenza nel videoregistratore o nel riproduttore di DVD. Il segnale veniva sommato a quello proveniente dall'antenna su un canale libero da altre trasmissioni e portato al televisore tramite uno spezzone di cavo coassiale sulla normale presa di antenna. Il televisore quindi effettuava la trasformazione inversa, vedendo il nuovo canale in aggiunta agli altri provenienti dall'antenna. Il collegamento SCART migliorò questa situazione apportando numerosi vantaggi.

Il primo fu di evitare la doppia conversione del segnale video, che ne degradava inevitabilmente la qualità. Inoltre, visto il numero non illimitato di canali radio disponibili e l'affollamento delle bande televisive analogiche, il collegamento diretto tramite il cavo SCART permetteva di poter collegare facilmente un maggior numero di sorgenti di segnale senza problemi di interferenze. Il collegamento di un apparecchio con il televisore tramite il cavo SCART risultò anche più semplice, in quanto non necessita di alcuna operazione di sintonizzazione del televisore. I moderni televisori dispongono sempre di almeno una coppia di tali ingressi, ma apparecchi con 4 o 5 ingressi AV (audio-video) non sono rari. Inoltre, sfruttando il segnale di commutazione (piedino 8), il televisore passa automaticamente sull'appropriato ingresso AV quando l'apparecchio ad esso collegato viene acceso. ❑

CODICE MIP 2763752

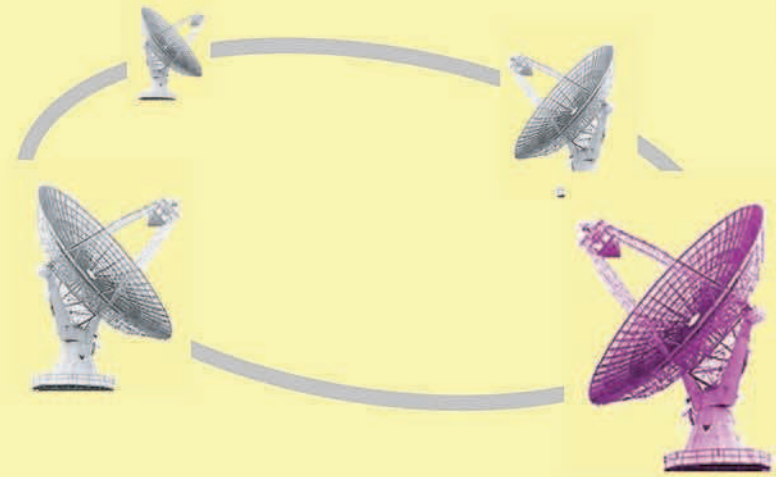
AVEZZANO 2009

AVEZZANO (AQ) - PALAGHIACCIO
Via N. Copernico - Zona Industriale

FIERA MERCATO DELL' ELETTRONICA
DEL FUCINO

PROTEZIONE CIVILE

RADIOAMATORE
COMPUTER
TELEFONIA
INTERNET
ANTENNE
TV SAT
EDITORIA
CONVEGNI



6 e 7 GIUGNO 2009

MATTINA: dalle 9:15 alle 12:30
POMERIGGIO: dalle 15:30 alle 21:00
AMPI PARCHEGGI
RISTORANTE - SELF SERVICE INTERNO

Per informazioni: 085 - 9358620

Segreteria Organizzativa Via Siena, 22 - 65122 PESCARA
Tel. +39 085 4215840 - Fax +39 085 4227184
e-mail: e.pescarafiere@virgilio.it

CODICE MIP 2762499

ideazione: IGQD - realizzazione grafica: IZ6BMP

di COLIN GREAVES

USARE IL PICKITTM2 Debug express

THEREMIN

Il debugger di Microchip estremamente compatto potrebbe ricordare un portachiavi ma dentro ha tutto il necessario per sviluppare, partendo da zero, un progetto per un microcontroller. Ecco come utilizzarlo perrealizzare un Theremin, il più antico strumento musicale elettronico

L'autore ha deciso di analizzare alcune delle funzioni prendendo spunto da un semplice progetto e utilizzando nulla di più di quanto fornito nel kit. Aggiungendo solo tre semplici componenti, che la maggior parte degli ingegneri ha a disposizione sulla propria scrivania, è stato possibile dare vita a un controller del suono simile a un Theremin - strumento che di solito nelle riviste viene associato a un progetto molto complesso. Nel nostro caso, la semplicità dell'approccio scelto prevede che tutto il lavoro venga svolto dal micro! Un modo corretto per sviluppare un progetto è di procedere per piccoli step. La maggior parte degli ingegneri spesso inizia a far illuminare un LED con lo scopo di verificare che il kit sia operativo, il codice sia stato compilato correttamente e il microcontroller sia in grado di svolgere il proprio compito. Una volta che tutto è a posto si può avere la sicurezza di disporre di una piattaforma stabile da cui iniziare a costruire. La scheda demo è equipaggiata con un set di LED integrati ed è connessa alla PORT D del microcontroller. Questo è il punto da cui inizieremo.

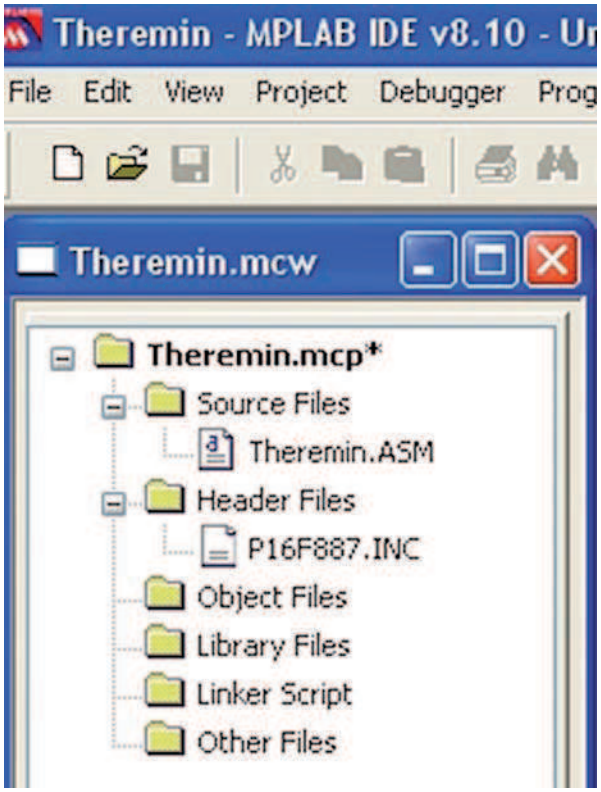


Figura 1: panoramica del progetto su MPLAB.

CREAZIONE DEL PROGETTO

L'ambiente di sviluppo offerto da Microchip si chiama MPLAB®. Questo strumento rappresenta l'interfaccia utente verso tutte le dotazioni dei microcontroller Microchip. Essa viene fornita con il kit su un CD: ciò ne facilita la fruibilità ma è sempre meglio controllare sul web se è disponibile una versione più recente.

Far girare il Project Wizard presente all'interno di MPLAB è il modo più rapido per avviare un nuovo progetto. Il processore sulla scheda demo in questo caso è un PIC16F887. Dopo averlo scelto nel wizard, è necessario scegliere l'ambiente di tool: nel nostro caso si tratta di MPASM™, strumento che implica che il progetto sarà scritto in linguaggio assembly. Un'alternativa potrebbe essere il linguaggio C, a patto di avere installato un compilatore. A questo punto è possibile scegliere il folder di progetto. Nella directory principale ne è stato creato uno, denominato Theremin. Anche al nome del file di progetto è stato assegnato il nome Theremin. Oltre al file di progetto (Theremin.MCP) l'operazione permette di creare lo spazio di lavoro, cioè un file dove viene memorizzata la propria configurazione personale delle finestre di MPLAB. Al momento non esistono file di

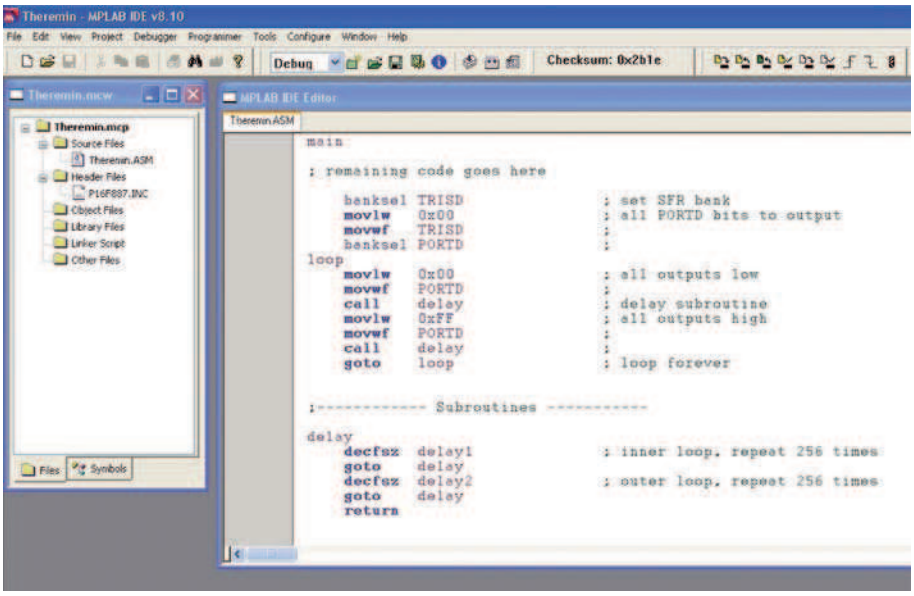


Figura 2: aggiunta del codice utente al template per pilotare i LED.

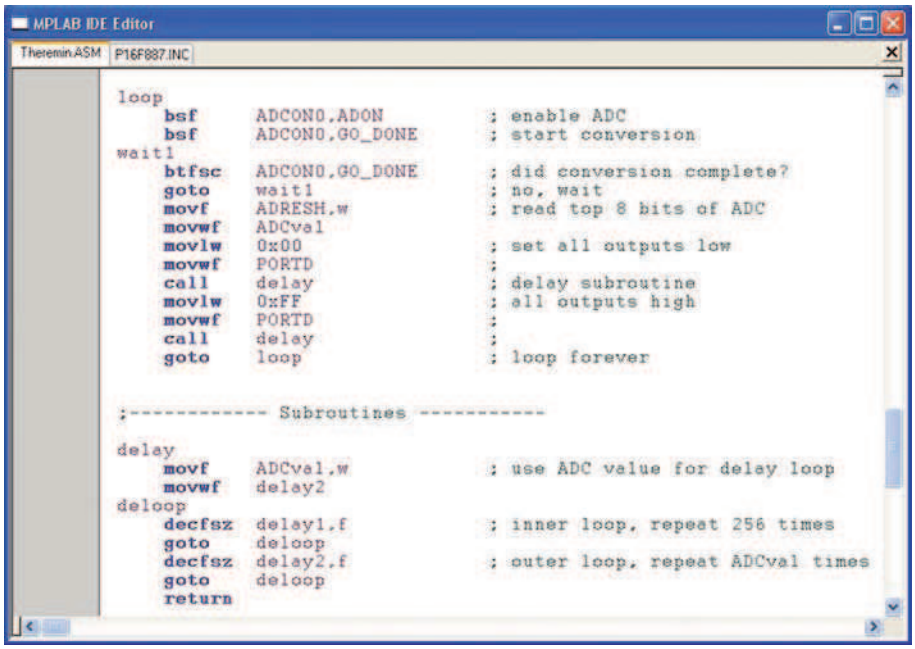


Figura 3: setup e utilizzo dell'ADC .

progetto, pertanto la parte 'add files' è stata saltata, terminando il Wizard. I file di progetto devono essere creati dall'utente, ma non necessariamente partendo da zero. Nel nostro caso abbiamo bisogno di un file sorgente (*.ASM) e di un file "inclusione" per definire tutti i nomi di registri e di bit utili al nostro scopo. Il file ASM può essere creato esaminando il nostro hard drive nella posizione C:\Program Files\Microchip\MPASM Suite\Template\Code. Questo folder ha un template base per ogni processore: copiando il file 16F887TEMP.ASM nel nuovo folder C:\Theremin possiamo risparmiarci molta attività di scrittura manuale. Dopo aver copiato il tutto, rinominare il file come Theremin.ASM per renderlo più riconoscibile. Il tool View Project di MPLAB aprirà la finestra di panoramica in cui sarà visualizzato il progetto Theremin.MCP. Cliccare ora col tasto desto sui file sorgente e scegliere i file da aggiungere. Navigando nel flolder di progetto possiamo scegliere Theremin.ASM come nostro codice sorgente, quindi aggiungere un file inclusione adatto per il PIC16F887. Cliccare col tasto desto sul campo Files, aggiungere i file, selezionare il percorso C:\Program Files\Microchip\MPASM Suite e scegliere il file P16F887.INC. Il nostro progetto è completo: da qui in poi possiamo provare a costruirlo. Project Build All tenterà di assemblare il file template e questo produrrà una finestra con il messaggio "Build Succeeded". In caso di anomalia, verificare che non siano stati utilizzati file errati. Aprendo il file sorgente, Theremin.ASM, possiamo osservare cosa è stato effettivamente assemblato. Il primo punto di interesse sono le predisposizioni CONFIG. Queste vengono inizializzate per voi nel template, ma controllate sempre che siano nello stato richiesto.

Aspetti importanti sono il tipo di oscillatore, il controllo MCLR (pin di reset) e le predisposizioni del watchdog. Abbiamo, in questo caso, l'esigenza di un oscillatore interno, di abilitare il MLCR abilitato e di disabilitare il watchdog. Questi stati sono tutti predisposti di default, pertanto non dobbiamo apportare variazioni.

A questo punto passiamo alla definizione delle variabili: successivamente creeremo altre variabili, pertanto è necessario prendere nota. Vengono predisposti il vettore di reset e la routine di interrupt. Il reset è predisposto per saltare a un'etichetta denominata 'main' pertanto possiamo utilizzare proprio questa. Gli interrupt non saranno utilizzati, pertanto possiamo ignorare questo codice. Questo praticamente è il grosso dell'intero template: un semplice framework base su cui innestare il proprio codice. Il primo step è di predisporre le porte di ingresso/uscita. La PORTD è connessa ai LED: questa sarà la nostra porta di uscita. Il registro che controlla se la porta è in uscita o in ingresso è denominato TRISD. Se scriviamo uno 0 in tutti i suoi 8 bit possiamo predisporre tutti i bit della porta come uscite. Nota: i registri di controllo del micro sono organizzati in banchi pertanto è importante scegliere il banco di registri corretto quando si legge o si scrive un registro. Questa operazione è stata semplificata grazie all'uso del comando 'banksel'.

```
MPLAB IDE Editor
Theremin.ASM   Theremin.ASM
        movlw   0xFF            ; all outputs high
        movwf   PORTD           ;
        call    delay           ;
        goto    loop            ; loop forever

;--------------- subroutines -----------

delay
        delay
        movf    pitchval,w      ; use ADC value for delay loop
        movwf   delay2
deloop
        decfsz  delay2,f        ; outer loop, repeat 'pitchval' times
        goto    deloop
        return
```

Figura 4: ultimazione delle variazioni di codice utilizzando un loop di ritardo controllato.

Prima di scrivere in TRISD - pertanto - precedere il comando con un 'banksel TRISD' per assicurarsi che tutto sia predisposto correttamente. Successivamente viene creato un semplice loop scrivendo alternativamente 0 e 1 nei bit di uscita. Per poter vedere i LED cambiare, dobbiamo rallentare l'intero processo inserendo nel loop stesso anche dei ritardi da eseguire successivamente a ogni variazione. La funzione di ritardo è una subroutine creata all'esterno del flusso principale del programma, denominata 'delay'. Questo codice viene lanciato dal micro quando viene emesso un comando 'call': esso è semplicemente un count down da 255 a 0 eseguito prima di ritornare nel punto da dove è stato lanciato il 'call'. Poiché questo ritardo rappresenta sempre un periodo di tempo molto breve (il PIC® gira internamente a 8MHz!) è possibile ricorrere a un secondo loop, portando l'intero processo a 255x255 istruzioni. Compilate il progetto (bulid all) e vedete cosa ne esce. L'operazione può essere svolta come controllo per vedere dove siamo arrivati e quali bit del codice possono non essere corretti. Sicuramente troveremo un paio di errori - le variabili utilizzate nelle subroutine di ritardo per esempio non sono state riconosciute - che non avevamo previsto. Queste variabili sono utilizzate per memorizzare i numeri che la funzione di ritardo utilizza per il count down: esse devono essere descritte nel blocco di definizione Variable posto all'inizio del codice sorgente. Aggiungetele ora e scegliere una locazione di memoria dove posizionarle. Il data sheet (intorno a pagina 25) mostra la tabella dei registri dedicati alle funzioni speciali: alla fine del primo banco, i registri da 20h in poi sono liberi. Questo è un buon punto dove memorizzare le variabili. Il datasheet è fornito in un CD del kit insieme a un set completo di utili note applicative nonché di suggerimenti e trucchi. Sicuramente è sempre una buona idea scaricare la copia più recente dal sito Microchip. A questo punto è anche opportuno controllare la sezione "errata" del microcontroller che state utilizzando per lo sviluppo: talvolta le funzioni subiscono delle variazioni che derivano dai nuovi sviluppi dei dispositivi o dei processi e questo è un mezzo che vi permette di tenere traccia dei cambiamenti che possono essere stati introdotti. Controllate sempre la sezione degli errata!

PROGRAMMARE IL PIC

Ora che abbiamo definito le variabili possiamo tornare nuovamente alla costruzione del progetto. Ottimizzazione e costruzione rappresentano un modo un po' pigro per scrivere il codice ma è anche quello che vi permette di ottenere uno sviluppo funzionante più rapidamente possibile. Sicuramente, il nostro progetto è ora costruito e vedremo un messaggio di benvenuto. Disponiamo quindi di un'applicazione funzionante e possiamo provare a programmare la scheda target. Connettete il debugger PICkit 2 alla scheda demo target e al PC attraverso un cavo USB. La porta USB alimenterà la scheda demo target. Quando connettete il kit di sviluppo USB al PC per la prima volta, Windows quasi certamente vi chiederà di fornire il driver. Microchip fornisce i driver dei suoi kit di sviluppo perciò non utilizzate i driver standard di Windows. I

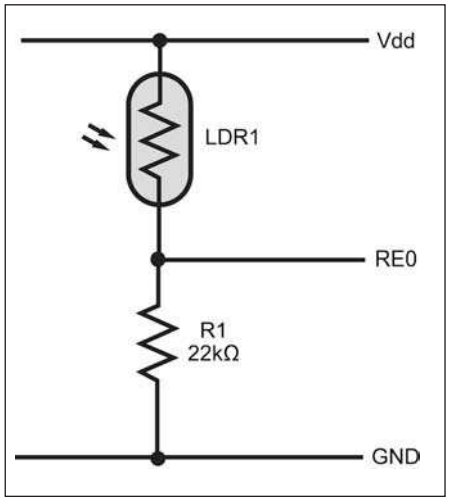


Figura 5: sensore luce/mano basato su due soli componenti.

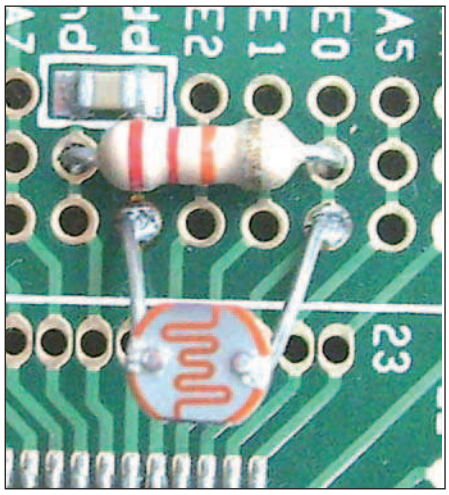


Figura 6: posizioni più convenienti di montaggio dell'LDR e della resistenza R1.

driver Microchip sono posizionati nel folder Microchip\MPLAB IDE: ciascun kit ha un proprio folder per i driver. Il PICkit 2 è inoltre un dispositivo HID standard, pertanto appena eseguito il plug-in inizierà a lavorare. Una volta connesso, il PICkit 2 può essere scelto come tool di programmazione. Andate in Programmer, scegliete programmer e PICkit 2. La finestra di output riporterà l'avanzamento al momento in cui è stata inizializzata la connessione del PICkit 2 e gli aggiornamenti dell'OS. Scegliendo Programmer, il programma scaricherà il vostro codice nella scheda demo target. Di nuovo, per monitorare l'avanzamento è possibile far riferimento alla finestra di uscita. Qualsiasi anomalia che si verificasse in questo momento sarebbe sicuramente dovuta a una cattiva connessione; controllate l'al-

lineamento dei pin del PICkit 2 che si collegano alla scheda target. Ora scegliere Programmer, uscite dal reset e vedrete immediatamente i LED lampeggiare 2-3 volte al secondo. L'ambiente di sviluppo funziona. Per inciso, tutte le selezioni dei menu sono accessibili attraverso delle icone di MPLAB. Potrebbe essere utile a questo punto vedere come il debugger possa fornirci qualche feedback su ciò che il programma sta facendo. Resettare il microcontroller PIC cliccando l'apposita icona (o selezionando Programmer, Hold in Reset) e fermare i LED lampeggianti. Il PICkit 2 può essere predisposto in modalità debug selezionando Debugger, Select Tool, PICkit 2. Potrete osservare un warning che avvisa che il tool non può operare simultaneamente in modalità debug e programmazione. La modalità debug utilizza una piccola porzione di codice per comunicare lo stato dei registri e degli I/O a MPLAB. Questo deve essere programmato nel microcontroller PIC riprogrammandolo mentre è in modalità debug. Una volta programmato abbiamo un set di icone per il PICkit 2 con cui operare, tra le quali le icone di Run, Step e Reset. Utilizzare l'icona RUN per assicurarsi che il codice sia ancora operativo, quindi attivare l'icona HALT per fermare il microcontroller PIC. Poiché il programma spende il 99% del proprio tempo a far girare la routine di ritardo, quasi sicuramente la freccia verde nella finestra del codice sorgente si fermerà puntando a un'istruzione di questa subroutine. Questa è l'istruzione successiva che deve essere eseguita: attivando l'icona Step Into il microcontroller PIC avanzerà di un'istruzione. Passando il puntatore del mouse sui nomi di variabile delay1 e delay2, verrà visualizzato i loro valore corrente. Ci vorranno molti step per ritornare al codice del nostro programma principale: fermare e avviare il programma porterà sempre al punto in cui siamo ora. Un modo più efficace per fermare l'esecuzione nella porzione principale del codice è di inserire un breakpoint. Fate doppio click sulla linea sotto l'etichetta 'loop' - l'istruzione movlw 0x00. Una B cerchiata di rosso apparirà in prossimità della linea per segnalare che lì è stato predisposto un breakpoint. Cliccare nuovamente sull'icona RUN: il microcontroller PIC eseguirà il codice fino a quando non incontrerà il breakpoint, quindi si ferma. Un passaggio del mouse sopra il nome del registro PORTD nel listato del programma mostrerà un valore di 0xFF (tutti 1): i LED saranno tutti accesi. Ora, cliccando un single step provocherà lo spegnimento dei LED in corrispondenza dell'esecuzione dell'istruzione successiva, e il valore della PORTD sarà 0x00. Mentre stiamo sperimentando questo controllo sul nostro hardware andiamo oltre e esaminiamo i registri per funzioni speciali nel microcontroller PIC scegliendo View, Special Function Registers. Questo comando permette di visualizzare tutti i registri di controllo e il relativo stato. Scegliere il registro PORTD, che probabilmente ancora riporta il nostro valore 0x00 (o 00000000 nella colonna in binario) e fare doppio click. Provare a cambiare direttamente uno di bit da 0 a 1. Ora controllare la scheda: il LED sarà acceso. Questo accesso al programma, ai bit di I/O e a qualsiasi altro parametro rappresenta tutto quello che uno sviluppatore desidera per capire cosa succede e per eseguire il debug del suo progetto.

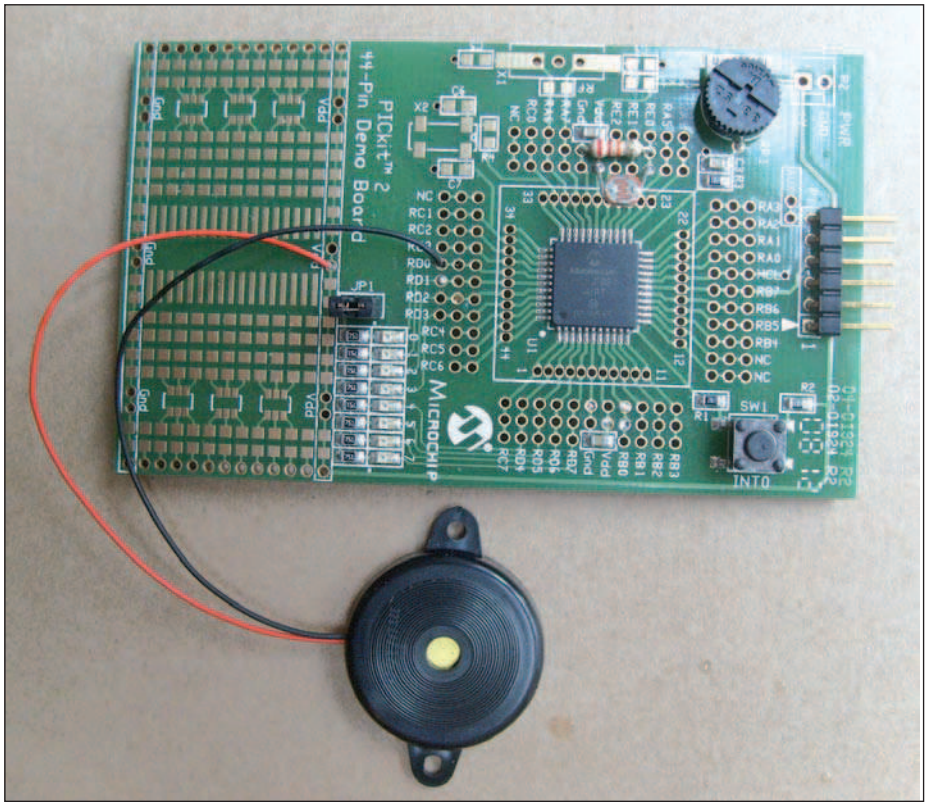


Figura 7: la scheda demo PICkit 2. Le uniche aggiunte riguardano l'LDR, la resistenza R1 e il riproduttore piezo.

L'ELETTRONICA

Per creare il nostro theremin, avremo l'esigenza di una sorta di interfaccia analogica. Una soluzione semplice potrebbe essere l'utilizzo di un potenziometro collegato a uno dei pin di ingresso analogico del PIC16F887, ma per rimanere più fedeli allo spirito di un theremin la soluzione più efficace è di utilizzare un sensore ottico per rilevare la prossimità delle mani del musicista. Un semplice LDR (light dependent resistor) predisposto come driver di potenziale esegue egregiamente il compito. Questo dispositivo è stato scovato (letteralmente) sul tavolo dell'autore. I valori sono stati verificati per i livelli luminosi nell'ambito di una semplice stanza. Con la mano a copertura dell'LDR, il valore di resistenza si attesta intorno ai 200-300 k ; esposto alla luce della stanza, il valore sale a circa 2 kΩ. Al fine di dare una buona dinamica di tensione all'ingresso dell'A/D è stato scelto come resistenza fissa per il divisore di potenziale un valore di circa 20 kΩ. Questo valore è circa 10 volte inferiore rispetto al valore massimo e 10 volte maggiore rispetto alla lettura LDR inferiore. Il circuito necessario è molto semplice **(figura 5)**: il

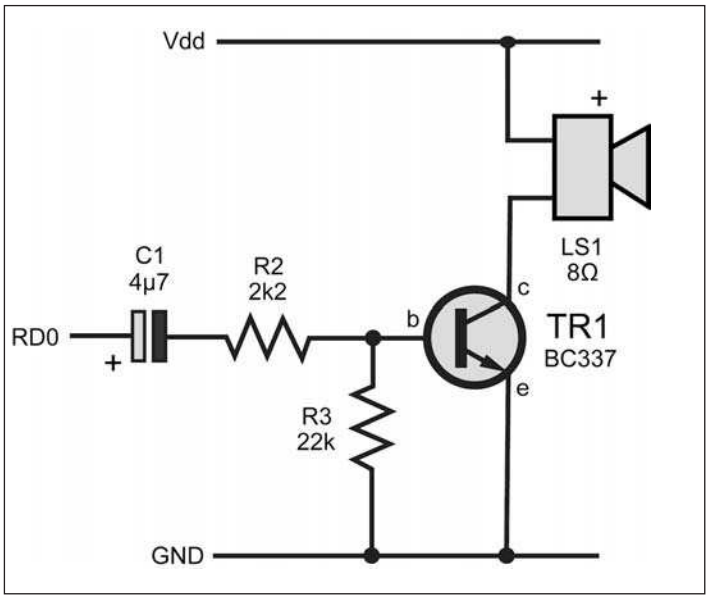


Figura 8: circuiteria di miglioramento del suono.

tutto può contare su una posizione sulla scheda dove l'assemblaggio risulta semplice. Il pad RE0 è sufficientemente vicino per montare le resistenze verso Vdd e Gnd senza ricorrere a dei ponticelli (far riferimento a pic.1): RE0 è stato scelto anche perché una delle sue funzioni è quella di ingresso analogico, AN5. Il converter A/D (ADC) di questo dispositivo dispone di quattordici canali selezionabili via multiplexer. Utilizzeremo il canale 5. La sezione 9 del datasheet del PIC16F887 copre tutti i dettagli relativi all'ADC. Le opzioni includono la velocità di clock, la formattazione dei risultati, il tipo di riferimento utilizzato per le misure e così via. L'uso delle funzioni ADC è comune alla maggior parte dei dispositivi di microcontrollo PIC, pertanto il tempo speso per la lettura è un buon investimento. Riassumendo rapidamente, è stato deciso che ciò di cui avevamo effettivamente bisogno era un valore di 8 bit, pertanto l'uscita è stata formattata per essere giustificata a sinistra (bit alti tutti in un registro in modo che i bit bassi possano essere ignorati), velocità di clock predisposta a $F_{osc/2}$ (4MHz) e uso di V_{dd} come riferimento; non c'è esigenza di particolari accuratezze o stabilità. Questo ci darà un valore a 8 bit come valore del livello analogico su AN5 tra V_{dd} (+5v) e Gnd. Il codice per predisporre l'ADC (vedere il codice in **figura 4**) è basato su tre registi di controllo: ADCON0, ADCON1 e ADSEL. Assicurarsi che i comandi di selezione del banco siano utilizzati laddove necessario. Il tutto deve essere seguito da un rapido 'build all' per controllare la sintassi. L'ADC è ora pronto per girare: possiamo quindi cambiare il nostro loop di lampeggio dei LED utilizzando l'ingresso ADC. Una conversione ADC viene avviata scrivendo in ADCON0. La conversione, prima viene abilitata e poi viene avviata. I due bit di controllo e di avvio dell'ADC sono nello stesso registro ma devono essere erogati in due differenti istruzioni: la prima per abilitare e la seconda per avviare. Scrivere un 1 nel bit GO_DONE avvia la conversione. L'ADC eseguirà la misura e presenterà il risultato nei registri ADRESH e ADRESL (è un convertitore a 10 bit). Una volta completato il tutto, il bit GO_DONE andrà a 0, e il risultato potrà essere letto. Abbiamo solo l'esigenza di leggere ADRESH in quanto siamo interessati solo agli 8 bit superiori del risultato. Leggere questo valore e salvarlo in un registro con un nome adeguato: pitchval. Questo è il valore che utilizzeremo per controllare il passo del nostro theremin. Nell'ultima parte del nostro loop principale possiamo lasciare le uscite commutare con un valore di ritardo determinato dai risultato dell'ADC. Un rapido 'build all' rivela un errore; eseguire tale definizione di seguito alle due variabili di ritardo, in 0x22, è una buona soluzione. Infine, per permettere la variazione della velocità di commutazione dell'uscita parallelamente al valore pitchval, dobbiamo inserire il tutto nel loop di ritardo. La routine di ritardi viene modificata per rendere il tutto un loop, e non un loop dentro il loop. Per rendere la variazione apprezzabile abbiamo necessità che l'uscita commuti a frequenze audio e non a pochi Hertz. La subroutine di ritardo diventa quindi più semplice; solo un paio di istruzioni per caricare il valore pitchval nella variabile delay2, quindi un semplice loop che conta fino a zero. Un rapido 'build all' non rivela problemi: il codice è pronto! Programmare il dispositivo richiede pochi secondi. Il progetto è pronto per girare. Un semplice riproduttore piezo connesso a una delle uscite PORTD (è stata utilizzata RD0) e il tono è udibile. Esso varia quando le mani vengono mosse in prossimità dell'LDR. Il loop di ritardo è stato raddoppiato inserendo delle istruzioni nop (No Operation) successivamente all'etichetta del loop. Questo consente di raddoppiare il tono per renderlo più in linea al range uditivo dell'autore!

CONCLUSIONI

Prima di condividere il tutto con gli amici è consigliabile aggiungere all'uscita un driver per altoparlante. La qualità del piezo è infatti abbastanza scadente. Intorno al BC337 è stato pertanto realizzato un semplice drive **(figura 8)** associato a una coppia di resistenze (questo driver deve essere pilotato da un'alimentazione separata: la porta USB non è infatti in grado di fornire così tanta corrente!). Per prevenire le condizioni di burnout è stato aggiunto un condensatore, utile nel caso in cui il microcontroller PIC fosse stoppato con tutte le uscite alte.

Un economico altoparlante da 8Ω offre dei risultati adeguati. Non dimenticate: per programmare il microcontroller PIC a girare in modalità stand-alone (senza PICkit 2 connesso) dovrete utilizzare la modalità programmer, non la modalità debug. Una volta che il programma è stato sottoposto a debug ed è funzionante, la modalità debug non è più necessaria. L'autore è ora un musicista esperto di theremin, ed è specializzato nella riproduzione del tema Dr Who…

Per iniziare a progettare il vostro theremin, o per avviare un altro progetto, potete consultare l'offerta extra speciale di Microchip a pagina seguente! ❑

CODICE MIP 2763886

UN'OFFERTA MOLTO SPECIALE PER I LETTORI DI FARE ELETTRONICA!

Possibilità di acquistare un Debug Express Kit PICkit™ 2 Microchip

Sconto speciale 40%

Fare Elettronica e Microchip hanno stretto un'intesa per offrire ai lettori la possibilità di acquistare un Debug Express Kit PICkit™ 2 (DV164121) a un prezzo notevolmente scontato. In questo numero di Fare Elettronica avete la possibilità di aquistare il kit attraverso MicrochipDIRECT ad un imperdibile 40% di sconto! Trattandosi di un prezzo senza precedenti, l'offerta è limitata ad un prodotto per recapito (soli indirizzi italiani) / per indirizzo email.

Il PICkit 2 è un completo programmer & debugger di dimensioni tascabili che consente di facilitare lo sviluppo in-circuit sui microcontroller PIC®. Utilizzando lo strumento di sviluppo MPLAB® IDE fornito a corredo sarà possibile trasformare qualsiasi personal computer in una potente stazione di progettazione per le attività di scrittura del codice, di debugging e di programmazione dei dispositivi. Per interfacciarsi con il PICkit 2 e controllare il vostro progetto PIC è necessaria una sola porta USB: l'ambiente vi permetterà di bloccare, fare avanzare in single step e gestire i break point del codice della vostra scheda target.

Il Kit include la scheda demo per microcontroller Flash PIC16F887 a 44-pin di Microchip, il programmatore PICkit 2, il cavo USB e i CD software con l'ambiente di sviluppo integrato Microchip MPLAB IDE, con la demo del compilatore C CCS PCM™ Midrange per PIC16F887 e con il compilatore C HI-TECH PICC™ LITE. Il tutto vi metterà in condizioni di iniziare a sviluppare con la massima facilità un progetto di controllo embedded.

Come acquistare il vostro Debug Express Kit PICkit 2 a un prezzo speciale:

- Cliccare su www.microchipdirect.com, registrarsi o eseguire il log on al sito con la bandierina italiana ed inserire il part number DV164121.
- Aggiungere il PICkit al carrello e inserire il numero di Coupon FEPIC209: premere il tasto di validazione del coupon.
- Scegliere la casella che vi porterà ai processi di gestione dell'indirizzo di spedizione e del pagamento: ricordarsi di accettare i termini e le condizioni quindi confermare l'ordine.
- Autorizzare i 28 giorni per la consegna.

Condizioni: questa offerta è valida per i soli lettori italiani. È permesso un solo Debug Express Kit PICkit™ 2 per recapito o per indirizzo e-mail. Questa offerta è valida per tutti gli acquisti eseguiti prima del 31 luglio 2009 via microchipDIRECT e corredati dal corretto riferimento del coupon. L'offerta non può essere utilizzata in congiunzione ad altre offerte. Il coupon non ha valore monetario. L'offerta può essere cancellata senza preavviso. Il coupon deve essere utilizzato in ossequio a tutti i termini e le condizioni specificati da Microchip Technology Inc.

microchip DIRECT
www.microchipdirect.com

MICROCHIP
www.microchip.com

Il nome e il logo Microchip, il logo Microchip, MPLAB e PIC sono marchi registrati da Microchip Technology Incorporated negli USA e in alte nazioni. PICkit sono marchi Microchip Technology Incorporated negli USA e in altre nazioni. Tutti gli altri marchi appartengono ai rispettivi titolari. © 2009, Microchip Technology Incorporated. Tutti i diritti riservati. ME230/Ita/04.09

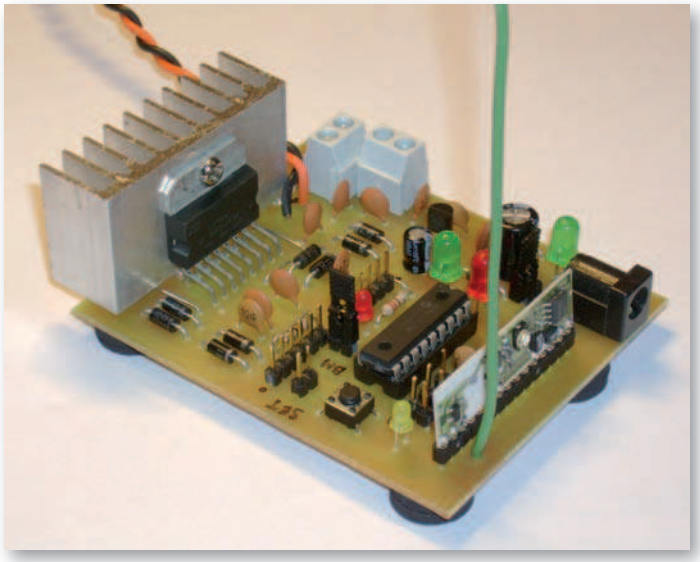
CODICE MIP 2761804

di ROBERTO PRESTIANNI

Controllo Radio per motori DC *(parte seconda)*

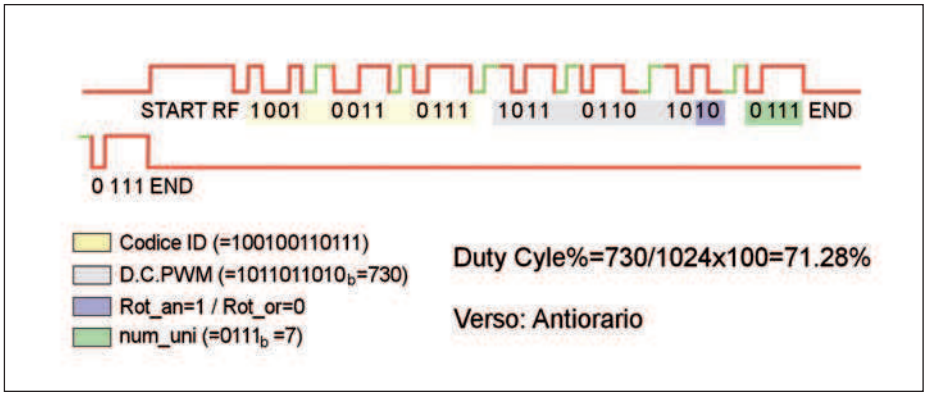
il ricevitore

Realizziamo un sistema di controllo a radiofrequenza per motori in corrente continua: espandendo il progetto del 'Driver per motori DC', costruendo un trasmettitore ed un ricevitore RF appositamente progettati, avremo la possibilità di pilotare a distanza e senza fili un motore DC



Nella puntata precedente ci siamo occupati della costruzione e del funzionamento logico del modulo trasmettitore, un circuito realizzato su di un piccolo PCB poi montato sulla scheda base. Una volta affrontata la problematica della trasmissione dei parametri funzionali dei motori DC, ci si occuperà, in questa seconda puntata, della realizzazione del ricevitore, una piccola scheda elettronica grazie alla quale pilotare un motore.

Figura 1: tipica sequenza seriale scambiata tra Tx ed Rx.



DESCRIZIONE GENERALE

Il compito assolto dal ricevitore è quello di intercettare i dati emessi in RF dal Tx, di elaborarli e formattarli in modo che possano essere impiegati per il controllo del motore. Ricordiamo che in questi dati sono contenuti: il dato da 10 bit dell'onda PWM (il cui D.C. stabilisce il livello di potenza da erogare al carico), e i due bit che definiscono il verso di rotazione (orario/antiorario). Queste informazioni sono precedute da un codice identificativo da 12 bit, con il quale si indirizza il ricevitore (e solo quello), e seguite da un nibble di chiusura, che aiuterà a limitare gli eventuali errori sui bit. Come avviene per il Tx, anche per il ricevitore è prevista la personalizzazione hardware degl'ultimi 3 bit del codice identificativo, per mezzo di altrettanti jumper di configurazione. In **figura 1** viene riproposta una tipica comunicazione seriale tra i due dispositivi; di seguito è riportata l'interpretazione di questa sequenza binaria (la tecnica di trasmissione tra i due circuiti è stata ampiamente descritta sull'articolo precedente quindi, in questa sede, non ci si soffermerà oltre). Osservate come gl'ultimi 3 bit sono entrambi alti: questo perché i 3 jumper del Tx risultavano aperti alla sua accensione. La comunicazione a RF è assicurata da due moduli Aurel: il TX-4MSIL del trasmettitore e l'AC-RX2 del ricevitore. La trasmissione dei bit avviene in modulazione OOK su portante da 434 MHz.

SCHEMA ELETTRICO

La **figura 2** mostra lo schema elettrico dell'RX. I componenti più importanti sono sicuramente il modulo RF U1, il microcontrollore U3, il driver di potenza U4 ed il regolatore di tensione U2. Al modulo U1,

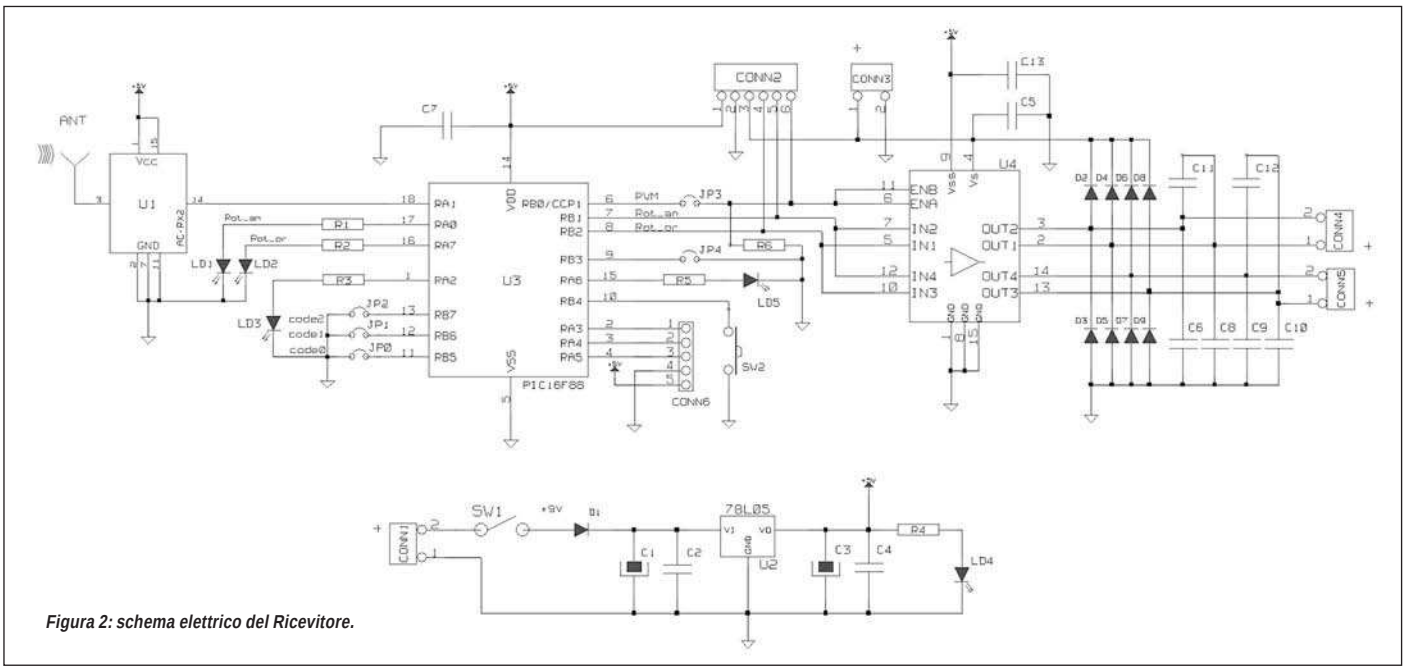


Figura 2: schema elettrico del Ricevitore.

LISTA COMPONENTI

R1÷R5 220 Ω 1/4W
R6 10 KΩ 1/4W
C1 220µF 25V elettrolitico
C2-C4÷C13 100nF ceramico
C3 22µF 25V elettrolitico
D1÷D9 1N4007
LD1 Led rosso 5mm
LD2,LD4 Led verde 5mm
LD3 Led rosso 3mm
LD5 Led giallo 3mm

U1 AC-RX2 (modulo Aurel 433,92MHz)
U2 78L05
U3 PIC16F88-I/P
U4 L298N
SW1 interr. unipolare o jumper
SW2 microswitch per c.s.
JP1÷JP5 jumper 2 pin
CONN1 plug alimentazione per c.s.
CONN2 barretta 6 terminali dritti
CONN3 cavetto bipolare

CONN4,CONN5 morsettiera 2 poli (passo 5mm)
CONN6 barretta 5 terminali dritti
ANT antenna (filo di circa 17cm)
VARIE:
Zoccolo DIL per IC 9+9 pin
Barretta 15 pin tulipano
10 ponticelli varie dimensioni
Aletta di raffreddamento
4 piedini o feltrini adesivi
Circuito Stampato

siglato dalla Aurel AC-RX2, è dedicato il riquadro di approfondimento riportato più avanti. U3 è un microcontrollore Microchip della serie 16 siglato PIC16F88, un CI da 18 pin DIL.; in **figura 3** è riportata la sua piedinatura. U4 è un driver di potenza per carichi induttivi della ST e siglato L298N; per chi volesse approfondire la sua conoscenza, di seguito troverà un riquadro ad esso dedicato. Come già detto, U1 riceve e demodula il segnale radio emesso dal Tx, ed emette le sequenze seriali contenente l'informazione desiderata per mezzo del piedino 14. L'antenna è un semplice spezzone diritto di lunghezza approssimativa di 17 cm, che dovremo tenere verticale per meglio ricevere il segnale radio. Il modulo AC-RX2 viene alimentato a 5V, così come il resto del circuito, fatta eccezione per lo stadio di potenza, che lavora ad una tensione dipendente dal motore utilizzato. I 5V vengono forniti dallo stadio alimentatore realizzato con un 78L05 ed i condensatori di livellamento e antidisturbo C1-C2 in ingresso, e C3-C4 in uscita. D1, come al solito, serve ad evitare una errata polarizzazione dello stesso stadio alimentatore, mentre SW1 (interruttore o jumper) consente di spegnere ed accendere agevolmente il circuito. Il led LD4, di colore verde, se acceso, ci informa della presenza di tensione sulla scheda. Adesso passiamo alle diverse linee di U3, il microcontrollore PIC16F88. Le linee RA0 e RA7 pilotano rispettivamente i led LD1 ed LD2 di colore rosso e verde; questi due, esattamente come quelli presenti sulla scheda base, segnalano il verso di rotazione attuale del motore (rosso=antiorario/verde=orario). I 3 ponticelli JP2/1/0, come per il Tx, permettono la personalizzazione a livello hardware, del codice di riconoscimento. Se lasciati aperti, grazie alle resistenze di pull-up integrate nel PIC, porranno a livello alto le 3 linee di input RB7/6/5. Dal momento che di fatto si impiegano solo 13 delle 16 linee di I/O messe a disposizione dal PIC, si è pensato di collegare le linee inutilizzate ad un connettore (CONN6), e assieme a queste anche l'alimentazione (i 5V): questo accorgimento garantisce per il futuro un margine di ampliamento. SW2 assieme a JP4 e a led LD5, permette la taratura della frequenza di campionamento del segnale emesso da U1, ma di questo se

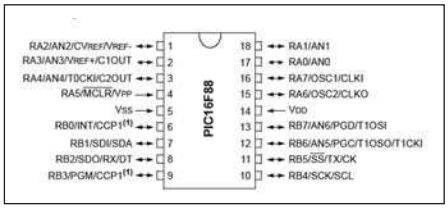


Figura 3: piedinatura del PIC16F88.

ne discuterà meglio nel seguito. Per concludere con le linee del PIC, osserviamo RB0/1/2: queste tre sono tutte linee di output ed emettono rispettivamente, l'onda PWM e i segnali d'eccitazione per la rotazione antioraria e per quella oraria. Notate che la linea PWM tra il PIC e il driver U4, può essere interrotta da JP3, se aperto: questo permette di porre istantaneamente bassa la stessa linea, cosicché il motore possa essere disabilitato immediatamente. Anche qui, come per la scheda base, questi 3 segnali possono essere prelevati dall'esterno per mezzo del connettore CONN2 da 6 pin, e assieme a questi anche le due tensioni. La linea PWM serve ad abilitare le due coppie di buffer (o ponti) di U4 per mezzo delle linee di ingresso ENA ed ENB. Sia la linea di polarizzazione oraria che antioraria, pilotano direttamente gli ingressi dei due ponti, così da poter eventualmente alimentare 2 motori DC simultaneamente. Il segno '+' dei connettori CONN4 e CONN5, ai quali collegare i nostri due motori, ci informano dell'uscita che verrà posta alta quando la rotazione stabilita sarà quella oraria. Osservate adesso gli otto diodi clumping posti a coppia per ciascuna delle 4 uscite di U4: questi, necessari per 'tosare' le tensioni inverse generate dagli avvolgimenti dei motori, sono, diversamente dalla scheda base, non integrati sul driver. Per concludere, osservate i numerosi condensatori collegati tra le uscite OUT1/2/3/4: questi hanno l'importantissimo compito di eliminare i disturbi generati dal motore durante la rotazione. Senza questi persino il funzionamento del microcontrollore risulterebbe compromesso. Notate la mancanza di una rete RC o del quarzo per la generazione del segnale di sincronismo all'interno del PIC: questo infatti, funziona con l'oscillatore integrato, settato per una frequenza pari a 4MHz.

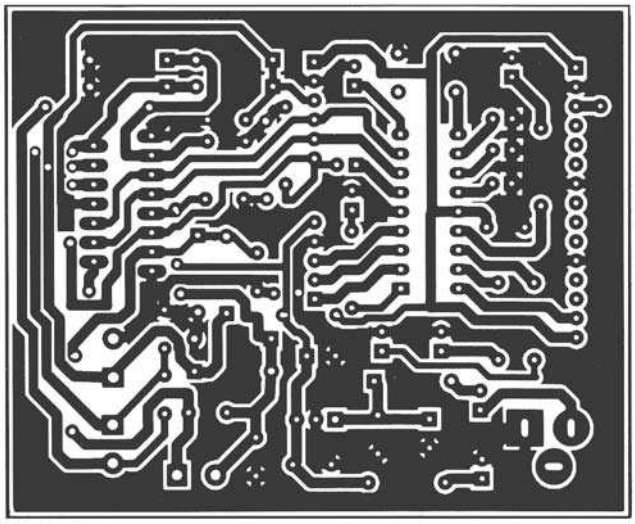


Figura 4: il circuito stampato in scala 1:1.

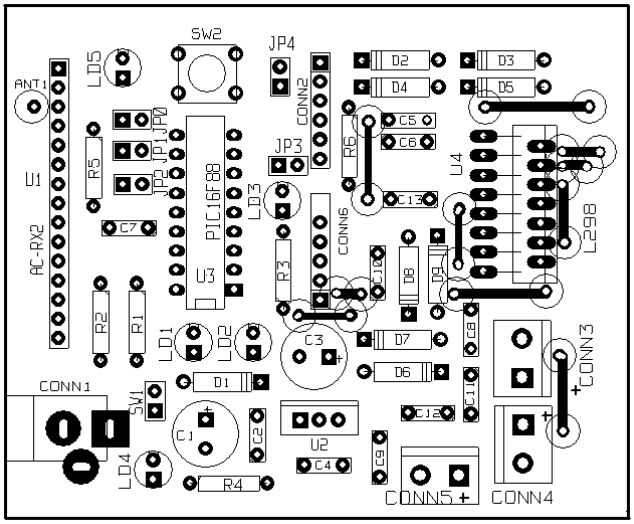


Figura 5: piano di montaggio dei componenti.

REALIZZAZIONE PRATICA

Iniziamo a costruire il nostro ricevitore procurandoci tutti i componenti necessari, facendo fede alla lista riportata in queste pagine. Il PCB (Printed Circuit Board) lo realizzeremo con la fotoincisione utilizzando il master riportato in **figura 4**. Ritagliate allora una basetta monofaccia presensibilizzata di dimensioni 67x83mm, dopodiché fotoincidete e poi incidete con acido o soluzione salina. Si consiglia sempre di effettuare almeno un controllo visivo (anche in controluce), ed un altro con il test di continuità del multimetro, delle piste e delle piazzole realizzate. Adesso forate la piastrina iniziando con una punta da 0,8mm per tutti i fori, e a seguire allargate quelli per i 5 jumper, SW2, i 9 diodi, U4, CONN2 e CONN6 con punta da 0,9, e quelli di CONN1, CONN3, CONN4 e CONN5 con punta da 1mm di diametro. Per quanto riguarda i fori allungati del plug di alimentazione, si consiglia di praticare più forellini contigui in ciascuno di essi, e poi di unirli con cautela con la stessa punta. Fate particolare attenzione ai 20 fori dei dieci ponticelli. Adesso passiamo alla saldatura dei componenti, ed iniziamo realizzando e poi saldando i 10 ponticelli; prestate molta attenzione affinchè la lega saldante non vada a cortocircuitare piste o piazzole adiacenti. Fate riferimento alle **figure 5** e **6** per la sistemazione di tutti i componenti. Continuate allora con le 6 resistenze, i 9 diodi (da montare nel verso corretto), il micropulsante SW2, gli zoccoletti del PIC e del modulo radio. Adesso montate gli 11 condensatori ceramici, C3, le coppie di terminali dei 5 jumper, CONN2 e CONN6 e a seguire LD1/2/3/4/5, da posizionare ad almeno 5mm di altezza dal piano del cs. Adesso è la volta del plug CONN1, di C1, delle due morsettiere bipolari CONN4/5 e di U4. Quest'ultimo merita particolare attenzione! Si tratta di un CI di potenza e sarà necessario dotarlo di aletta di raffreddamento, affinché possa dissipare il calore generato al suo interno. Le dimensioni del dissipatore termico dipendono chiaramente dal livello di potenza che U4 è chiamato a controllare. Se intendiamo pilotare piccoli motori DC come quelli impiegati in azionamenti meccanici tipo piccoli robot o macchinine, non avremo bisogno di aletta radiante; nel caso in cui invece andremo ad utilizzare motori decisamente più grossi, potremo

ricevitore AC-RX2

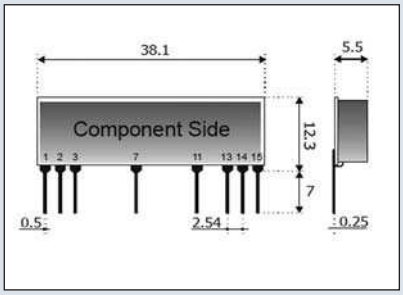
E' un modulo ricevitore RF OOK a 434MHz realizzato su allumina e a basso costo. Il modulo si distingue per il basso assorbimento, l'alta immunità ai disturbi di alimentazione, la bassa radiazione in antenna e la bassa tensione di alimentazione (5V).

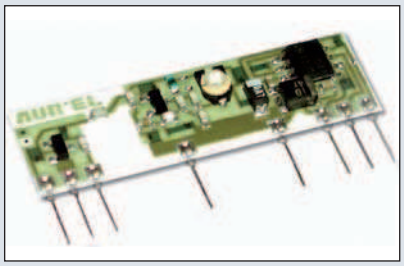
Le sue caratteristiche sono (Ta=25°C):

- **Frequenza di ricezione (tipica): 433.92 MHz**
- **Alimentazione Vs: 4,5÷5,5 V**
- **Corrente assorbita: 2,5÷3 mA**
- **Sensibilità RF: -106 dBm**
- **Banda passante RF a -3dBm: +/- 2MHz**
- **Frequenza massima in uscita: 3 KHz**
- **Livello alto di uscita minimo: Vs-1,2 V**
- **Livello basso di uscita massimo: GND+0,4 V**
- **Tempo di accensione: 2S**
- **Temperatura di funzionamento: -20 ÷ +80 °C**

PINOUT: 1/15 - +V; 2/7/11 - GND; 3 - Antenna (impedenza 50 ohm); 13 - uscita analogica; 14 - Data Output (carico minimo da 10KΩ);

NOTE: il ricevitore AC-RX soddisfa la normativa europea ETS 300-220-3 e EN 301-489 con alimentazione massima di 5V; è inoltre stato testato secondo la normativa EN 60950.





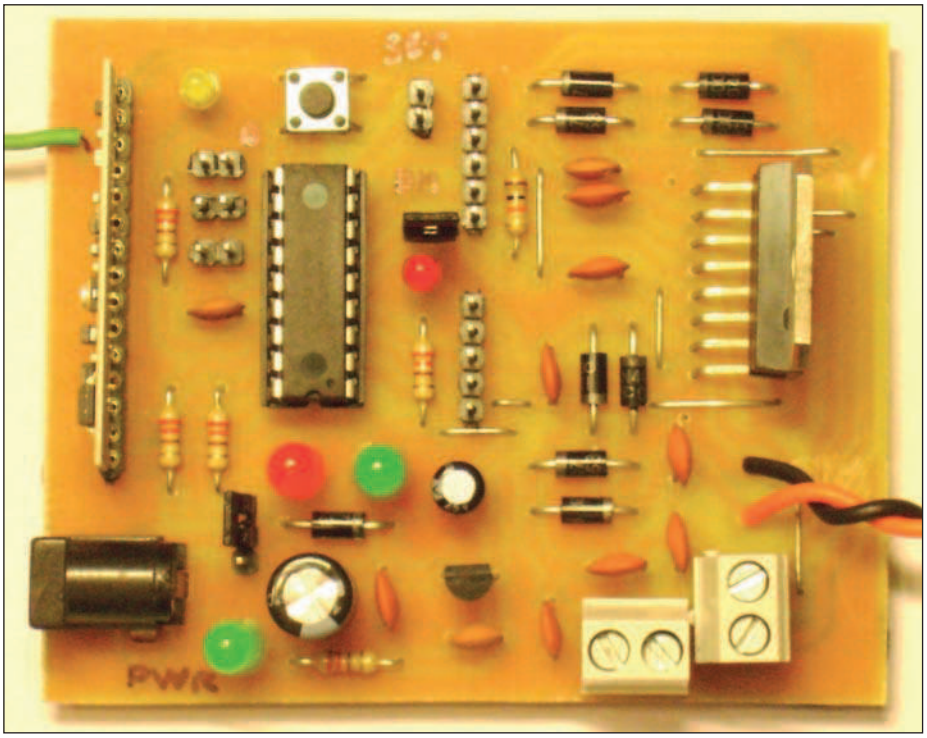


Figura 6: foto dall'alto del ricevitore.

impiegare un aletta del tipo mostrata sulla foto del prototipo. Quest'ultima di dimensioni 45x25x16mm (Larghezza x Altezza x Profondità), permette ad U4 di dissipare all'incirca 10W (da non confondere con la potenza netta ceduta al carico). Il prototipo è stato testato con una lampadina per automobili 21+5W, mantenuta accesa fino al regime di temperatura del CI: in questo caso è stato necessario fornire su CONN3 una tensione di 16,8V per ottenere in uscita esattamente 12V (D.C.=100%). Facendo un semplice conto e considerando che il multimetro ha letto una corrente di 2,1A troviamo che U4 ha dissipato in calore circa 10W:

V x I = (16,8-12)x2,1 = 4,8x2,1 = 10,08W.

Una nota importante: una potenza termica dissipata di 10W è sufficiente a portare l'aletta di raffreddamento a temperature relativamente alte (60-70°C), cosa del tutto normale comunque. Per potenze superiori sarà necessario un dissipatore più grande. Nulla ci vieta comunque, di inscatolare la nostra scheda in un box metallico e di attaccare su di una delle sue pareti il nostro CI di potenza; in questo caso chiaramente, dovremo prolungare i 15 terminali per poter cablare U4 alla schedina elettronica. Una raccomandazione importante: inscatolando il ricevitore entro un box metallico, bisogna fare in modo che l'antenna del modulo RF fuoriesca da detto contenitore, in modo che questo possa captare senza alcuna difficoltà il segnale del Tx. Un eventuale box metallico infatti, rappresenterebbe un ottimo schermo contro le onde elettromagnetiche. Prima di saldare U4, dovrete raddrizzare i terminali posteriori in modo da poter agevolmente inserire i suoi 15 pin negli altrettanti fori del cs. Una nota importante sulla sistemazione dell'aletta di raffreddamento: osservate in **figura 7** la presenza di alcuni ponticelli sul retro di U4; dal momento che l'aletta di raffreddamento è un conduttore, onde evitare che questa tocchi e cortocircuiti i ponticelli, si consiglia di depositare sopra questi un sottile strato di colla a caldo o, meglio ancora, una strisciolina di nastro biadesivo del tipo spesso.

Quando andrete a montare il dissipatore avvitandolo ad U4, badate bene che i due possano aderire perfettamente, onde consentire il massimo scambio di calore. Per applicazioni di grossa potenza (ricordate comunque che i ponti di U4 consentono una erogazione di corrente massima di 2A), potreste anche interporre tra le superfici di U4 e del dissipatore,

l'integrato ST-L298N

E' un doppio driver di potenza a ponte, controllabile con livelli di tensione TTL, per il pilotaggio di carichi induttivi (relè, motori DC e stepper). Al suo interno troviamo 4 driver di potenza accoppiati da una linea di abilitazione comune, e dalla stessa linea di massa.

Le sue caratteristiche più importanti sono:

- Erogazione massima di corrente per canale (ponte): 2A;

- Massima dissipazione di potenza (a 75 °C): 25 W;

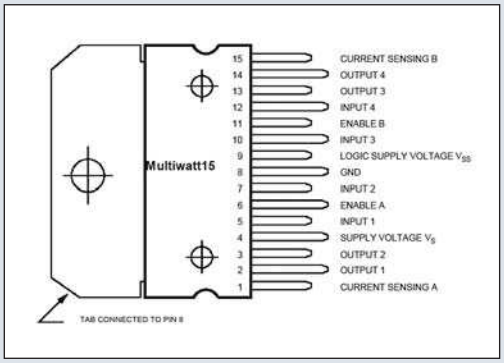
- Massima tensione per il carico (Vs): 50V;

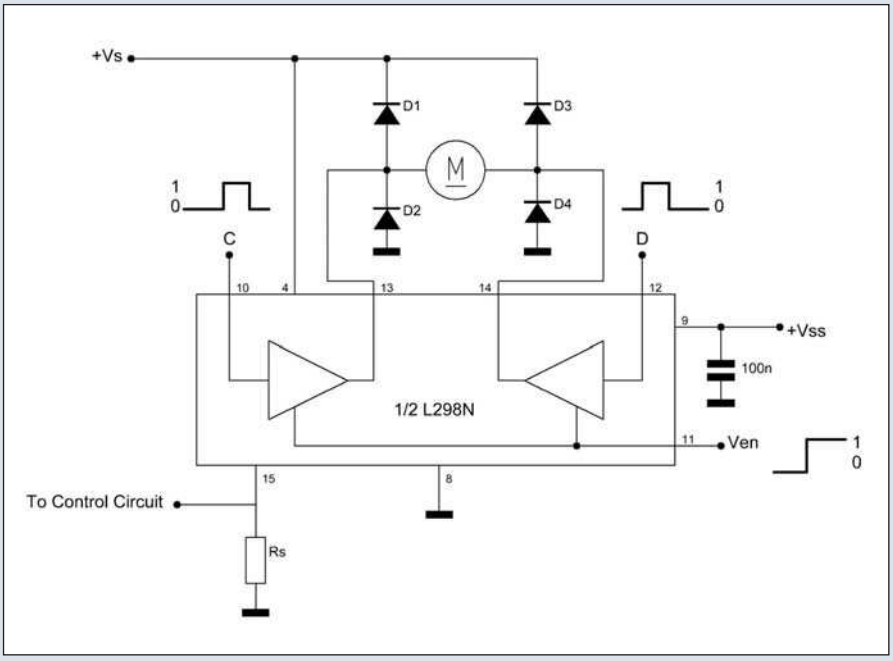
- Massima tensione per la logica interna (Vss): 7V;

- Circuito di protezione dalle sovratemperature;

- Alta immunità al rumore.

Per pilotare un motore si impiegano le due uscite della coppia, così come mostrato in figura. Notate che, a differenza dell' L293D, qui non sono integrati i 2 diodi clamp per ciascuna uscita. Questi dunque, andranno aggiunti al circuito.





un po' di pasta termica conduttrice, cosicché U4 possa rilasciare il calore al dissipatore con maggiore efficienza. Adesso saldiamo l'antenna di U1 (uno spezzone di filo di circa 17cm), e i due fili di alimentazione per la linea di potenza, quella che alimenta i motori per intenderci. Adesso alimentate il circuito fornendo circa 9V all'ingresso dell'alimentazione (CONN1) e chiudete SW1 (tramite interruttore o jumper). Se LD4 si accende, testate la tensione di alimentazione presente sullo zoccolo di U1: tra i pin 1 e 2 devono essere presenti 5V. In caso affermativo, togliete l'alimentazione e inserite il PIC, precedentemente programmato, e il modulo RF U1. Il firmware pronto per essere caricato sul PIC è nominato *Rx_Driver_MotDC.HEX,* lo troverete sul sito della rivista. Per concludere l'assemblaggio attaccate sul lato saldature 4 piedini o feltrini adesivi di supporto.

COLLAUDO E FUNZIONAMENTO

Prima del collaudo iniziale chiudete JP3 (BM sul cs) e lasciate aperti JP0/1/2. Adesso accendete sia la scheda base (e automaticamente anche il Tx), sia il ricevitore appena assemblato e proviamone il funzionamento: ruotando la manopola dovreste vedere lampeggiare sia il led montato sul Tx, sia LD3 (led rosso da 3mm) dell'Rx. Osserverete anche come le coppie di led per l'indicazione del verso di rotazione (LD1 e LD2 sul ricevitore), si accendano in sincronismo. Queste verifiche ci assicurano che la comunicazione tra Tx ed Rx avviene correttamente, e che il sistema è pienamente funzionante.

Come accennato all'inizio, è prevista una procedura per la regolazione della frequenza di campionamento del segnale emesso da U1. La sua implementazione è stata fatta per fornire una sicurezza aggiuntiva al buon funzionamento, ma non dovrebbe essere assolutamente necessario il suo impiego.

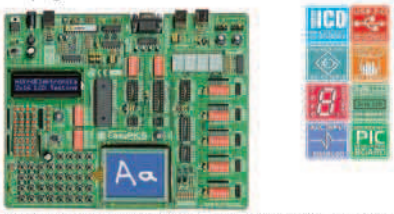
Questa taratura ha inizio con la chiusura di JP4 e l'immediata accensione del piccolo led giallo. Adesso basta premere il pulsante una o più volte mentre ruotiamo continuamente la manopola della scheda base; in questo modo, mentre il Tx emette continuamente il segnale, la frequenza

mikroElektronika

DEVELOPMENT TOOLS | COMPILERS | BOOKS

Sistema di sviluppo EasyPIC5

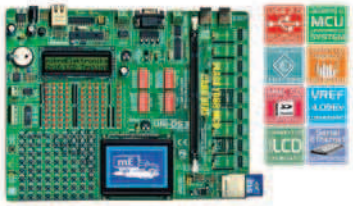
Una soluzione completa hardware e software con programmatore ICD on-board USB 2.0



Versione rinnovata della popolare scheda EasyPIC4, una delle migliori del mercato, **EasyPIC5** ha molte nuove funzionalità allo stesso prezzo. Il sistema supporta i microcontrollori a 8, 14, 18, 20, 28 e 40 pin (la scheda è fornita con un PIC16F887). Il **mikroICD** (In-Circuit Debugger) permette di effettuare il debug a livello hardware. Con la scheda di sviluppo vengono forniti alcuni esempi di programmi in **Pascal**, **C** e **Basic**. E' inoltre disponibile uno schermo **touchscreen** da applicare alla scheda.

Sistema di sviluppo Uni-DS 3

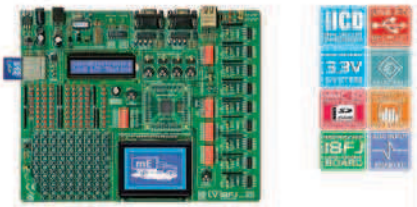
Una soluzione completa hardware e software con programmatore on-board USB 2.0



La scheda supporta microcontrollori **PIC**, **dsPIC**, **AVR**, **8051**, **ARM** e **PSoC**. Per cambiare tipo di microcontrollore basta solamente cambiare la scheda MCU aggiuntiva che contiene sia il micro e che il relativo programmatore onboard. Alimentazione da **USB2.0** o con alimentatore esterno (non incluso).

Scheda di sviluppo LV 18FJ

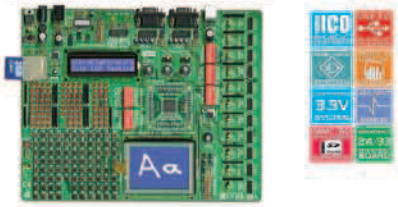
Una soluzione hardware e software completa dotata di programmatore ICD USB 2.0 on-board



Il sistema supporta microcontrollori della famiglia **PIC18FxxJxx** a 64, 80 e 100 pin. Viene fornito con un PIC18F87J60 un micro che integra un controller Ethernet da 10Mbps. Il programmatore **USB2.0** onboard con funzionalità ICD semplifica e velocizza il processo di programmazione e debug dell'applicazione. Numerosi esempi in **C**, **Basic** e **Pascal** facilitano lo sviluppo delle applicazioni.

Sistema di sviluppo LV24-33A

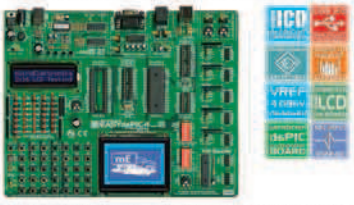
Una soluzione completa hardware e software con programmatore ICD on-board USB 2.0



Il sistema supporta microcontrollori **PIC24F/24H/dsPIC33F** a 64, 80 e 100 pin (viene fornita con un PIC24FJ96GA010 un micro a 16bit dotato di 96KB di memoria FLASH, 8KB di RAM in package a 100 pin). Alimentazione da **USB** o con alimentatore esterno (non incluso). I numerosi esempi di programmazione inclusi nel CDROM facilitano lo sviluppo di applicazioni ottenendo il massimo da questa famiglia di microcontrollori. E' inoltre disponibile uno schermo **touchscreen** da applicare alla scheda.

Sistema di sviluppo EasydsPIC4

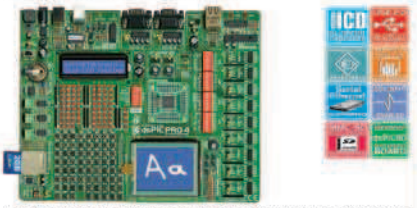
Una soluzione completa hardware e software con programmatore ICD on-board USB 2.0



Il sistema supporta microcontrollori **dsPIC** a **18**, **28** e **40** pin e viene fornito con un dsPIC30F4013 che contiene un convertitore AD interno a 12 bit. Il programmatore **USB2.0** presente sulla scheda consente la programmazione rapida dei dispositivi. Numerosi esempi in **C**, **Basic** e **Pascal** facilitano lo sviluppo delle applicazioni, mentre l'In-Circuit Debugger a bordo della scheda rende il debug del software facile e veloce.

Scheda di sviluppo dsPICPRO 4

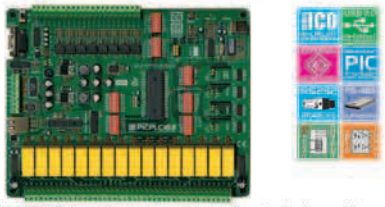
Una soluzione hardware e software completa dotata di programmatore ICD USB 2.0 on-board



Il sistema supporta microcontrollori **dsPIC** in packages a **64** e **80** pin e viene fornito completo di un dsPIC30F6014A. La scheda dsPICPRO 4 ha un programmatore **USB2.0** con funzionalità **ICD**, un connettore per schede MMC/SD, due porte seriali RS232, una porta RS485, un controller ethernet ENC28J60, DAC e molte altre periferiche pronte per essere interfacciate con il dsPIC. E' inoltre disponibile uno schermo **touchscreen** da applicare alla scheda.

Scheda di sviluppo PICPLC16B

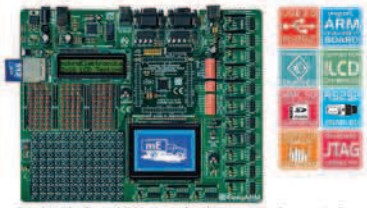
Una soluzione completa hardware e software con programmatore ICD on-board USB 2.0



PICPLC16B è un sistema progettato per il controllo di macchine e sistemi industriali. Dotata di 16 ingressi **optoisolati** e 16 uscite a **relè** da 10A si adatta perfettamente a numerose applicazioni di controllo. Il programmatore-ICD **USB2.0** consente un rapido setup della scheda e un facile debug dell'applicazione. Caratteristiche: RS485, RS232, Serial/Ethernet, programmatore-**ICD USB2.0** onboard.

Sistema di sviluppo EasyARM

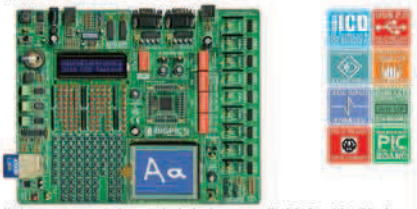
Una soluzione completa hardware e software con programmatore on-board USB 2.0



La scheda **EasyARM** viene fornita con un microcontrollore LPC2214 di NXP. Consente lo sviluppo di applicazioni industriali grazie alle periferiche di cui è equipaggiata. Il programmatore **USB2.0** on-board facilita e velocizza lo sviluppo di applicazioni per **ARM** grazie anche alla commutazione automatica tra le modalità "run" e "programming". Con la scheda sono forniti numerosi esempi di programmazione in C.

Sistema di sviluppo BIGPIC5

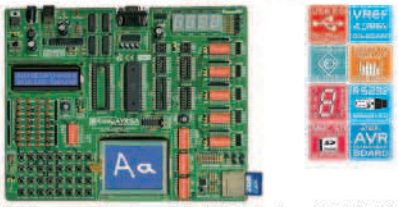
Una soluzione hardware e software completa dotata di programmatore ICD USB 2.0 on-board



Il sistema supporta i recentissimi microcontrollori PIC a **64** e **80** pin, e viene fornito con un PIC18F8520. Vengono forniti numerosi esempi di programmazione in **Basic** e **Pascal**. Il velocissimo programmatore **USB2.0** presente sulla scheda consente un rapido sviluppo delle applicazioni che possono essere messe a punto sfruttando la funzionalità **In-circuit debugger** del programmatore. Vi è inoltre la possibilità di dotare la scheda di un **touch-screen**. Sono inoltre disponibili connettori integrati per la connessione di MMC/SD memory cards, 2 porte RS232, RS485, connettività CAN, RTC su scheda, connettore PS2, DAC ecc.

Sistema di sviluppo EasyAVR5A

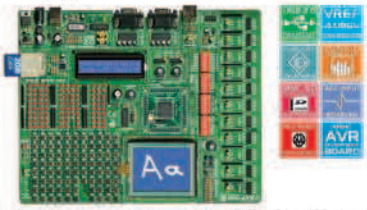
Con programmatore USB 2.0 on-board



Il sistema supporta microcontrollori **AVR** in package a **8**, **14**, **20**, **28** e **40** pin (viene fornita con un ATMEGA16). Ciascun jumper, elemento e pin è chiaramente stampato su scheda. E' inoltre possibile testare le più comuni funzioni del sistema: temperatura, contatori, timer ecc. **EasyAVR5A** è un sistema di sviluppo facile da usare grazie anche ai numerosi esempi di programmazione in Basic e Pascal forniti con la scheda. E' inoltre disponibile uno schermo **touchscreen** da applicare alla scheda.

Scheda di sviluppo BIGAVR2

Con programmatore USB2.0 on-board



Il sistema supporta microcontrollori AVR a **64** e **100** pin e viene fornita con un ATMEGA128 a 10MHz. La scheda **BIGAVR2** è facile da utilizzare grazie anche ai numerosi esempi di programmazione forniti. Supporta display grafici ed alfanumerici e può essere alimentata via **USB** o attraverso un alimentatore esterno. E' inoltre disponibile uno schermo **touchscreen** da applicare alla scheda.

Compilatori

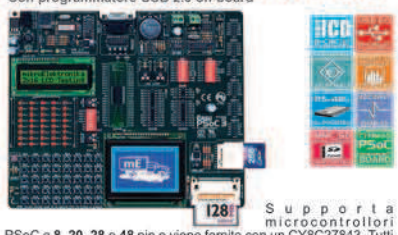
Compilatori Basic, C e Pascal per vari microcontrollori

Tutti i compilatori sono dotati di un ambiente IDE facile da usare e contengono una libreria di funzioni pronte all'uso. Tra gli strumenti messi a disposizione: statistiche di compilazione, simulazione, generatore bitmap per display grafici, tabella ASCII, esportazione di codice HTML, EEPROM editor, strumenti di comunicazione per SD/MMC, UDP (Ethernet), USB, ecc.

Ogni compilatore contiene molti esempi di utilizzo delle routine di libreria tra cui gestione di EEPROM, FLASH e MMC, lettura/scrittura di SD e CF, gestione display LCD alfanumerici e grafici, gestione di tastiere a matrice e PS/2, generazione di suoni, manipolazione di stringhe di testo, conversioni numeriche, gestione segnali PWM, comunicazione I2C, CAN, SPI, RS232, RS485, USB e One-Wire, gestione degli interrupts, ecc.

Sistema di sviluppo EasyPSoC3

Con programmatore USB 2.0 on-board



Supporta microcontrollori PSoC a **8**, **20**, **28** e **48** pin e viene fornito con un CY8C27843. Tutti i jumper sono identificati chiaramente sulla scheda ed il programmatore on-board consente la programmazione rapida dei dispositivi grazie alla connessione **USB2.0**. Il sistema può essere alimentato via USB o con alimentatore esterno (non incluso).

Sistema di sviluppo Easy8051B

Con programmatore USB 2.0 on-board

Il sistema è compatibile con microcontrollori 8051 a **14**, **16**, **20** e **40** pin e viene fornito con un AT89S8252. Il programmatore **USB2.0** on-board consente la programmazione del dispositivo senza rimuovere il microcontrollore dalla scheda.

CAN-1 Board - Modulo di interfaccia CAN basato su MCP2551.

CANSPI Board - Modulo per reti CAN mediante interfaccia SPI.

RS485 Board - Modulo per reti RS-485.

Serial Ethernet - Modulo per connessone Ethernet via SPI.

IrDA2 Board - Modulo di conversione Irda2/RS232.

CF Board - La via più veloce per utilizzare memorie CF.

MMC/SD Board - Il modo più veloce per utilizzare memorie MMC e SD.

EEPROM Board - Scheda di memoria EEPROM con interfaccia I2C.

RTC Board - Real-Time-Clock basato su PCF8583 con batterie di backup.

ADC Board - Convertitore AD a 4 canali con risoluzione di 12 bit.

DAC Board - Convertitore DA a 12 bit con interfaccia SPI.

Keypad 4x4 Board - Tastierino alfanumerico.

Accel. Board - Un sensore per la misura di accelerazioni.

PICFlash

with mikroICD support

PICFlash programmer – Un programmatore in-circuit **USB2.0** ultra veloce che supporta un vasto numero di microcontrollori PIC. La funzionalità mikroICD consente di eseguire passo programmi mikroPascal / mikroC / mikroBasic e monitorare i valori di variabili, registri, spazio di memoria EEPROM mikroICD è uno strumento molto efficiente per il debug in Real-Time a livello hardware. **L'ICD** debugger permette l'esecuzione di un programma mikroC / mikroPascal / mikroBasic sul microcontrollore host e la visualizzazione dei valori delle variabili, Special Function Registers (SFR), memoria ed EEPROM durante l'esecuzione del programma.

- Il servizio di ordini **on-line** garantisce un metodo rapido e sicuro per l'acquisto dei nostri prodotti.
- Tutti i prodotti vengono consegnati in scatole speciali molto **robuste e protettive**.

mikroElektronika è consulente ufficiale sui microcontrollori PIC e partner terza parte di Microchip. È anche consulente ufficiale e partner di Cypress Semiconductors dal 2002 e consulente ufficiale di Philips Electronics. Tutti i prodotti di mikroElektronika sono conformi alla direttiva RoHS.

http://www.mikroe.com/en/distributors/

Trova il tuo distributore: UK, USA, Germany, Japan, France, Greece, Turkey, Italy, Slovenia, Croatia, Macedonia, Pakistan, Malaysia, Austria, Taiwan, Lebanon, Syria, Egypt, Portugal, India, Thailand, Taiwan, Czech and Slovak Republic.

Distributore per l'Italia: http://www.elettroshop.com/ **Maggiori informazioni su: http://www.mikroe.com**

SOFTWARE AND HARDWARE SOLUTIONS FOR EMBEDDED WORLD

CODICE MIP 2759207

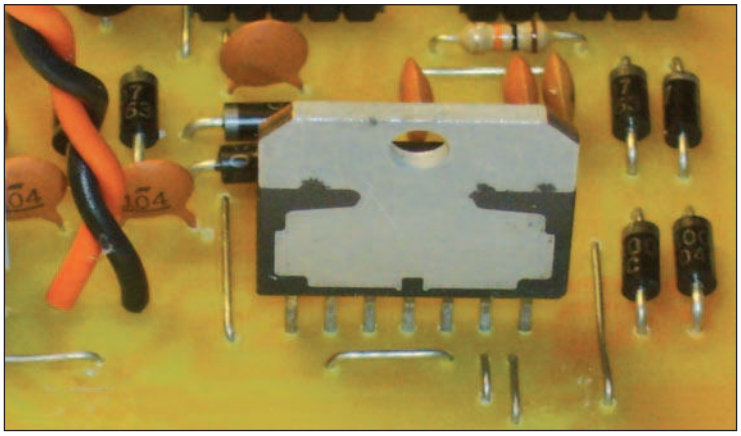


Figura 7: particolare del retro di U4.

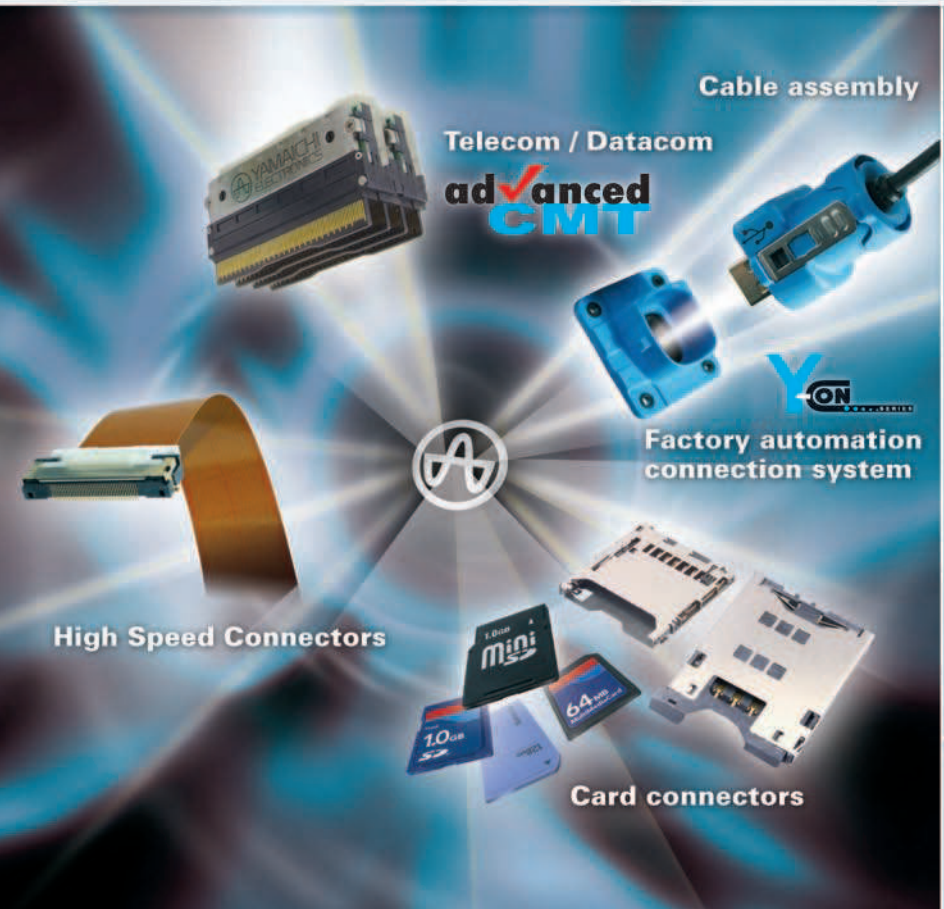
di campionamento dell'RX verrà modificata. Termineremo la procedura allorché vedremo lampeggiare il piccolo led rosso, che ci informerà della corretta ricezione dei dati; a quel punto riapriamo JP4 per concludere la taratura (il led giallo si spegne). Facciamo notare che le risorse messe a disposizione per la procedura di taratura (linea di I/O RB3, SW2 e LD5), potrebbero essere impiegate per altri scopi se si vuole; non dovremo fare altro che modificare il codice sorgente. A questo punto il nostro ricevitore è pronto per pilotare un motore o una lampadina ad incandescenza. Collegate un motore DC su CONN4 o CONN5, indifferentemente, badando al polo positivo.
Adesso fornite la giusta tensione di alimentazione del motore tramite CONN3 rispettandone la polarità, ed alimentate la scheda. Il driver U4 trattiene qualche di volt quindi, onde garantire che a un D.C.

PER *approfondire...*

I datasheet del modulo Aurel, del PIC e del driver di potenza li potrete trovare ai seguenti indirizzi web:
http://www.aurelwireless.com/wireless/Short_Form/650200884_sf.pdf
http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/30487c.pdf
http://www.st.com/stonline/products/literature/ds/1773/l298.pdf

YAMAICHI ELECTRONICS

CODICE MIP 2720159



Innovation for a new dimension

Yamaichi Electronics stands for innovative interconnection technology and development, high quality and reliability, long product lifetimes and excellent overall service. Try us. We will be glad to help you.
www.yamaichi.eu

YAMAICHI ELECTRONICS Italia s.r.l.

Centro Colleoni – Pal. Taurus, 1
I-20041 Agrate Brianza (MI)
Tel: +39 / 039 / 688 11 85
Fax: +39 / 039 / 689 21 50
sales@yamaichi.it
www.yamaichi.eu

del 100% corrisponda al motore la massima tensione di lavoro, dovrete variare la tensione su CONN3 fino ad ottenere in uscita il valore desiderato. Il motore dovrà rispondere allo stesso modo di quello collegato direttamente alla scheda base, in termini di velocità e verso di rotazione. Ricordiamo che è disponibile anche qui un blocco di emergenza logico e hardware: il primo si realizza aprendo il jumper della scheda base; in questo modo il D.C. dell'onda PWM viene annullato in entrambe le schede; il secondo invece, viene azionato aprendo JP3.
Ogni volta che il D.C. viene annullato, la coppia di led indicante il verso di rotazione si metterà a lampeggiare, e ciò fino alla prossima variazione del duty cycle. Per configurare il codice identificativo dovrete chiudere o lasciare aperti i 3 jumper JP2/1/0 (aperto='1'/chiuso='0'), esattamente come fatto per il Tx. Osservate che tale codice viene memorizzato nel momento in cui alimentiamo le schede, quindi ricordate che la sua memorizzazione non è contemporanea alla modifica dei tre jumper.

CONCLUSIONI

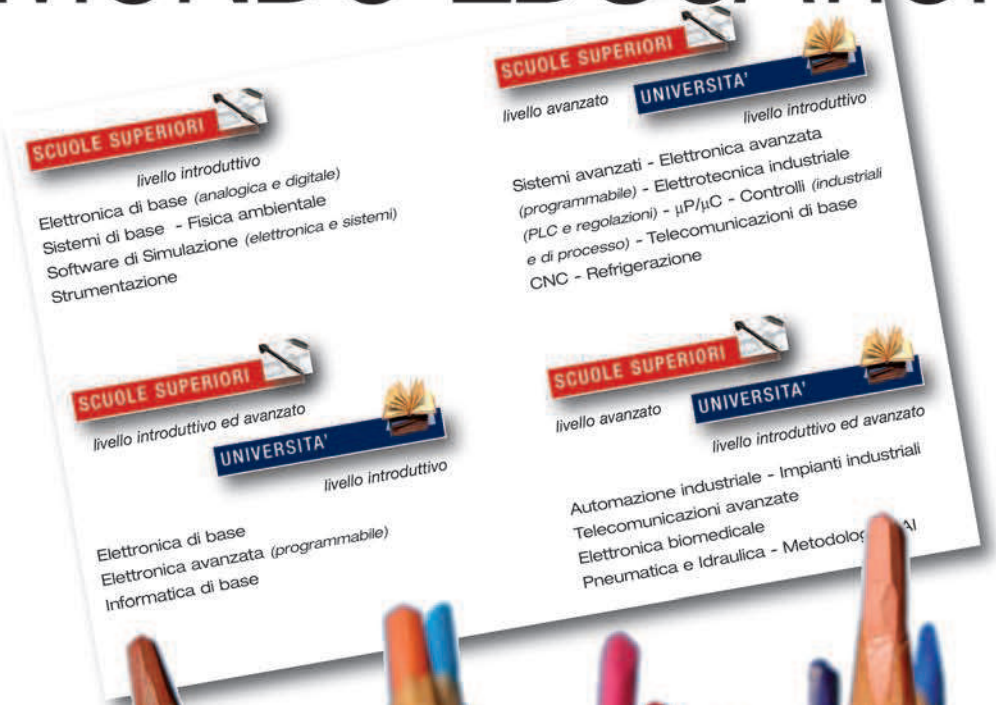
Si è detto, nella prima puntata, che questo sistema radio può funzionare anche come variatore di luce per lampade ad incandescenza in corrente continua: saremo così in grado di modificare la luce emessa da questa, senza fili e ad una distanza massima di qualche decina di metri dalla scheda di controllo. E' importante ricordare che il sistema eredita tutte le funzionalità del '*Driver per motori DC*' (adesso la scheda base di pilotaggio), e quindi la possibilità di modificare i limiti massimo e minimo di potenza, lo step di incremento/decremento di questa eccetera. Il ricevitore, da un punto di vista funzionale infatti, non è che un semplice prolungamento Radio del controllo operato a bordo della scheda base. Nella prossima ed ultima puntata saranno esaminati i tre firmware degli altrettanti microcontrollori del sistema: il PIC16F876A della scheda base, il PIC12F675 del Tx e il PIC16F88 dell'Rx. ❑

CODICE MIP 2756719

CODICE MIP 2764122

EDUTRONICA.IT

il NUOVO punto di riferimento per il MONDO EDUCATIONAL



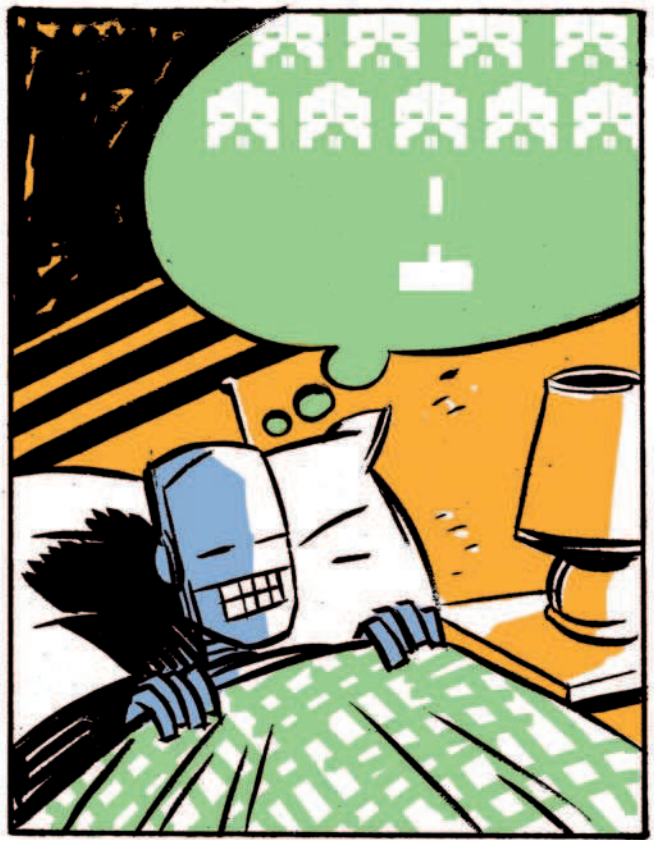
Sei un docente?
Sei un tutor?
Sei un responsabile di un ufficio tecnico?
Sei uno studente?

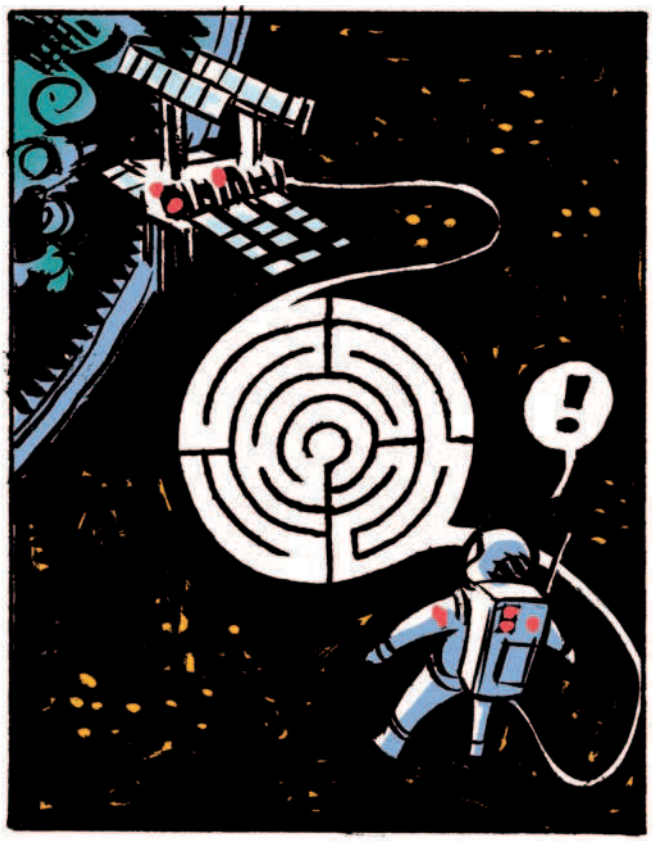
La tua risorsa è da oggi online su *www.edutronica.it*

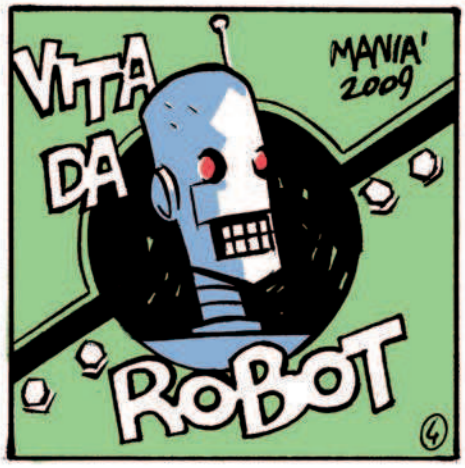
Contatti: Tel. 0385 42975 - Fax 0385 240077 info@edutronica.it

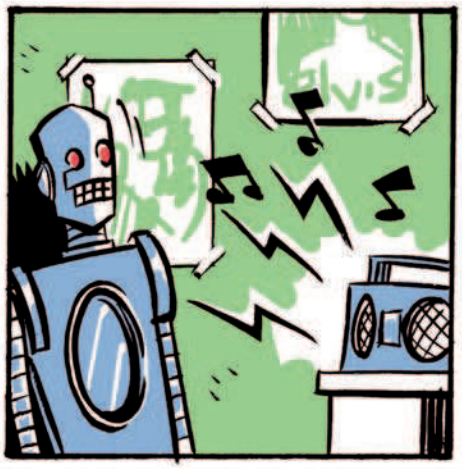
luditronica

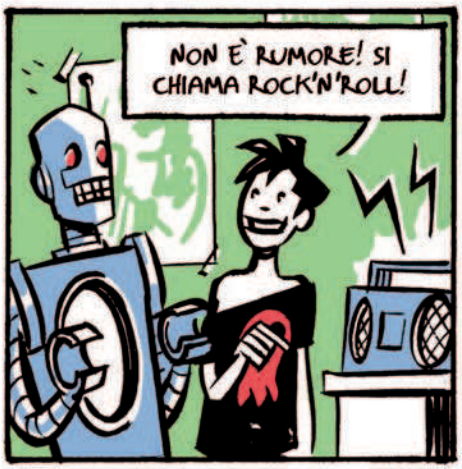
Le vignette ludiche di Fare Elettronica

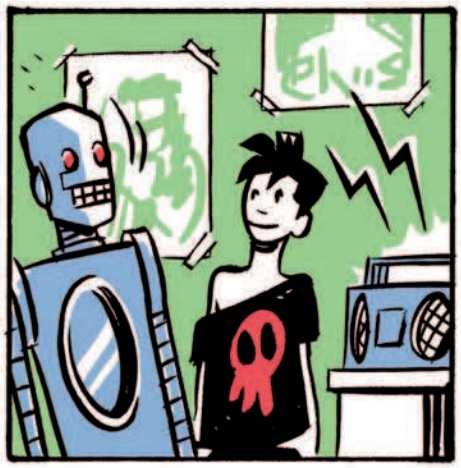












di ANTONIO CECERE

ALLARME OTTICO-ACUSTICO CON LED BICOLORE

Lo scopo di questa tesina è quello di realizzare un segnalatore ottico-acustico che possa monitorare una grandezza da tenere sotto controllo. Questa necessità è molto frequente nelle industrie, dove si devono tenere sotto controllo molte grandezze come ad esempio la temperatura, la pressione, il livello dei liquidi...

Questa tesina propone un semplice segnalatore realizzato con un solo LED che cambia colore (verde, arancio o rosso) a seconda del valore della grandezza monitorata. Il colore verde deve segnalare la situazione normale; il colore arancio deve segnalare una situazione di prossimità ad una soglia impostata; il colore rosso deve segnalare il sorpasso della stessa soglia e quindi una situazione di pericolo. Questa situazione sarà segnalata anche da un cicalino. Non si userà nessun sensore d'ingresso in particolare ma, per indicare l'uso generico del dispositivo, si simulerà il sensore con un potenziometro che genera una tensione variabile.

SCHEMA ELETTRICO

Il cuore del circuito è costituito da due amplificatori operazionali (OP1 e OP2 contenuti nel circuito integrato LM 358), utilizzati come comparatori di tensione. Fissiamo due livelli di tensione compresi tra 0 e 12 V, ad esempio 8 V e 10 V.
Quando la tensione del sensore d'ingresso è inferiore a 8 V, il LED deve dare il colore verde; per tensioni tra 8 V e 10 V il LED deve assumere il colore arancione; al di sopra di 10 V il LED avrà il colore rosso. Il LED da usare contiene all'interno due giunzioni, una che genera il colore verde ed una che genera il colore rosso: alimentando entrambe le giunzioni si ottiene il colore arancio. Quindi per ottenere la corretta sequenza di colori la giunzione del verde deve accendere tra zero e 10 V, la giunzione del rosso da 8 V in su. Nell'intervallo tra 8

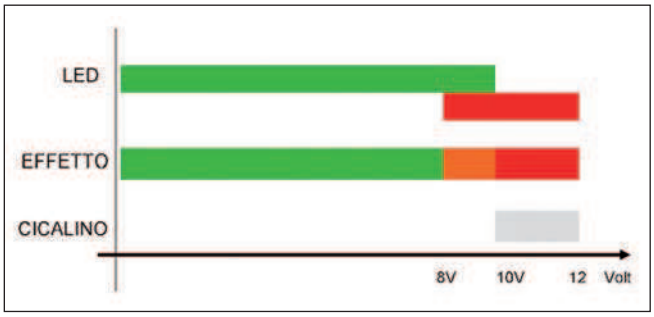


Figura 1: schema di pilotaggio dei colori.

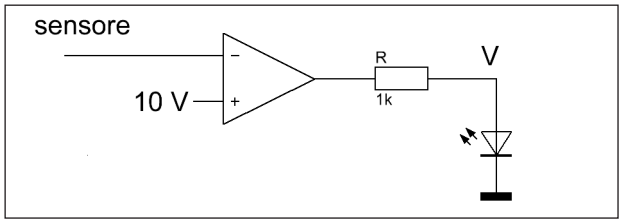


Figura 2: circuito per l'accensione del verde.

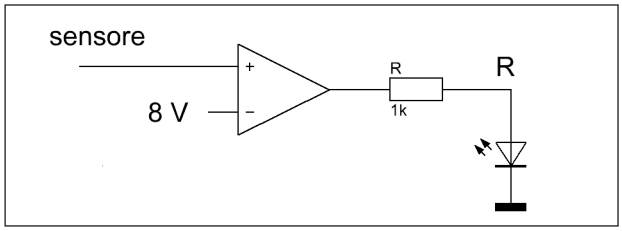


Figura 3: circuito per l'accensione del rosso.

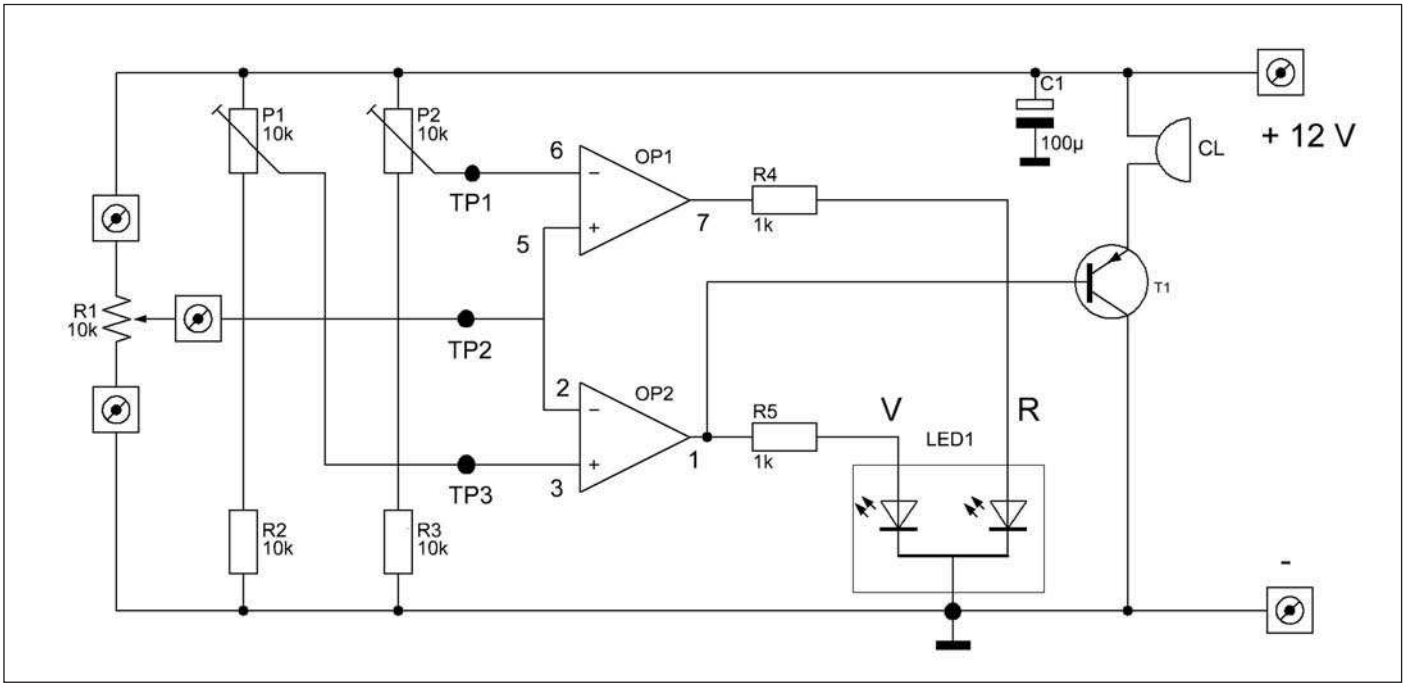


Figura 4: schema completo dell'allarme.

LISTA COMPONENTI			
R1,	potenziometro 10 K Ω	T1	Transistor BC327
R2, R3,	10 KΩ - ¼ W	CL	Cicalino elettronico a 12 V
R4, R5	1 KΩ - ¼ W	C1	Condensatore 100µF - 25 V
P1, P2	Trimmer 10 KΩ	LED1	LED bicolore verde-rosso
IC	LM 1458 oppure LM 358	NTC	NTC di prova da 33 K a 25 gradi

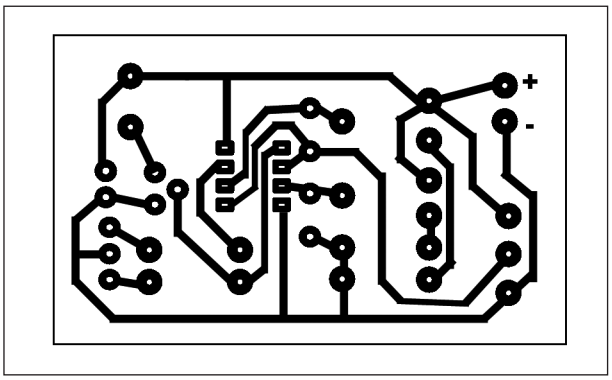


Figura 5: disegno del circuito stampato.

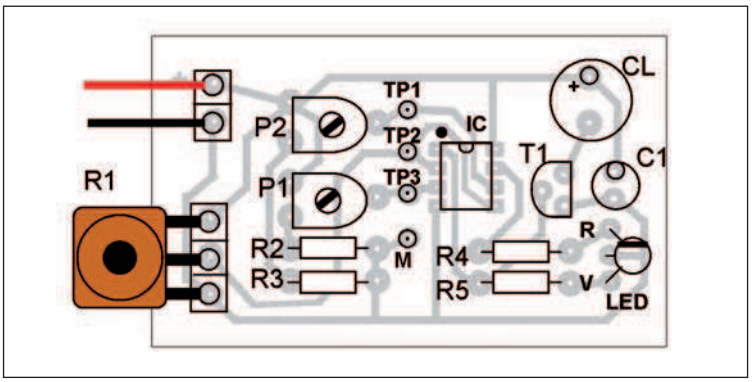
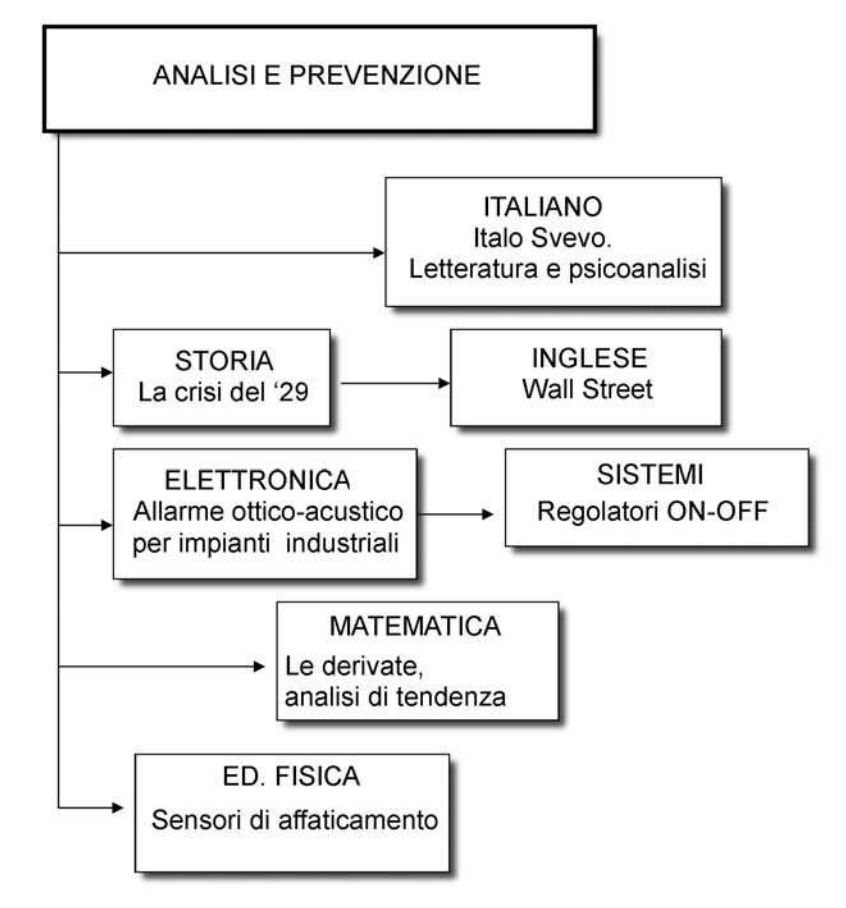


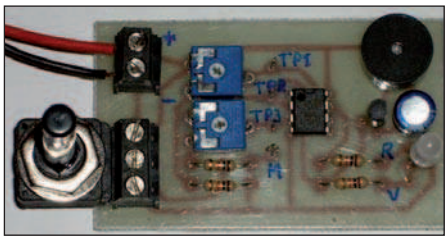
Figura 6: disposizione dei componenti.

e 10 V l'accensione contemporanea dei colori rosso e verde darà origine ad una luce di colore arancione.
La situazione è schematizzata in **figura 1**. Il circuito per l'accensione del verde è in **figura 2**. Il circuito per l'accensione del rosso è in **figura 3**. Unendo i due circuiti otteniamo lo schema completo, in cui è compreso anche un cicalino elettronico. Per simulare il sensore si utilizza un potenziometro (R1) che fa variare la sua tensione d'uscita da 0 a 12V.
Per le applicazioni reali si deve sostituire il potenziometro con un vero sensore (es. resistenza NTC, oppure fotoresistenza, oppure sensore di pressione, ecc...). In corrispondenza della segnalazione di massima pericolosità (superamento dei 10 V) si attiva la segnalazione sonora aggiuntiva realizzata con il transistor T1 e con un cicalino. In particolare, T1 è un transistor PNP montato a "collettore comune" con carico sull'emettitore.

MAPPA concettuale

"Meglio prevenire che curare" è un motto che sintetizza il concetto di prevenzione maturato nel '900. Nella prima parte del secolo le opere di Italo Svevo risentivano degli orientamenti della nascente psicanalisi, che si proponeva di approfondire i segreti della mente per prevenire malesseri individuali e sociali (ITALIANO). Una migliore analisi dell'economia sarebbe riuscita prevenire la crisi del '29? (STORIA e INGLESE). I moderni sensori ci permettono di controllare i processi produttivi e prevenire malfunzionamenti e danni alle persone (ELETRONICA e SISTEMI). Sia nell'economia che nella tecnica, le derivate (MATEMATICA) ci permettono di studiare le tendenze dei fenomeni. La sensazione di fatica (EDUCAZIONE FISICA) previene più gravi danni all'organismo.





REALIZZAZIONE E COLLAUDO

Per realizzare questo circuito con mezzi semplici si può seguire il seguente procedimento:

a) disegno su carta del percorso delle piste (sbroglio) come in **figura 5**;

b) trasferimento del disegno su piastra ramata mediante simboli trasferibili;

c) incisione e foratura del circuito stampato;

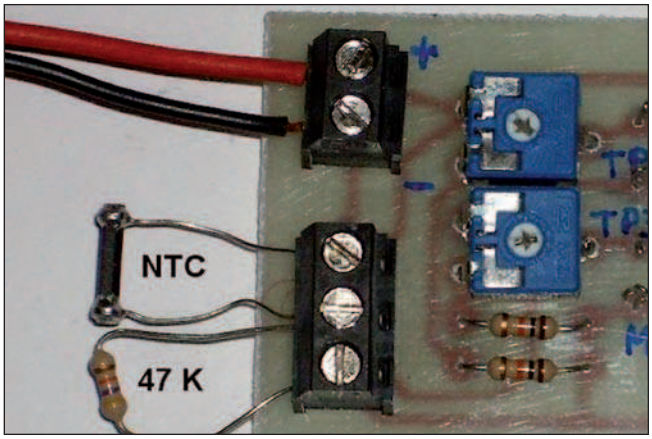


Figura 7: utilizzo della scheda con un sensore NTC.

d) montaggio dei componenti come nella **figura 6**. Dopo il montaggio dei componenti si passa al collaudo. Il potenziometro di prova R1 viene montato esternamente alla scheda sulla morsettiera a tre posti. Per prima cosa si alimenta il circuito a 12 Vcc e si regolano i trimmer P1 e P2 fino a leggere 8V su TP1 e 10 V su TP3. Poi si ruota lentamente il potenziometro R1 in senso orario. Se non ci sono errori nel circuito, vedremo il LED emanare luce di colore verde, poi arancio e infine rosso. In corrispondenza del rosso dovremo sentire anche il suono del cicalino elettronico. Per la prova con un sensore reale dobbiamo smontare il potenziometro e sostituirlo con un NTC messo in serie con una resistenza da 47 KΩ, come mostrato in **figura 7**. L'NTC è una resistenza che varia con la temperatura, con cui possiamo realizzare un allarme industriale. Per la prova usiamo un NTC avente resistenza di 33 KΩ a 25 gradi; riscaldiamo l'NTC avvicinando il saldatore e regoliamo i trimmer P1 e P2 secondo le soglie di sensibilità desiderate. ❑

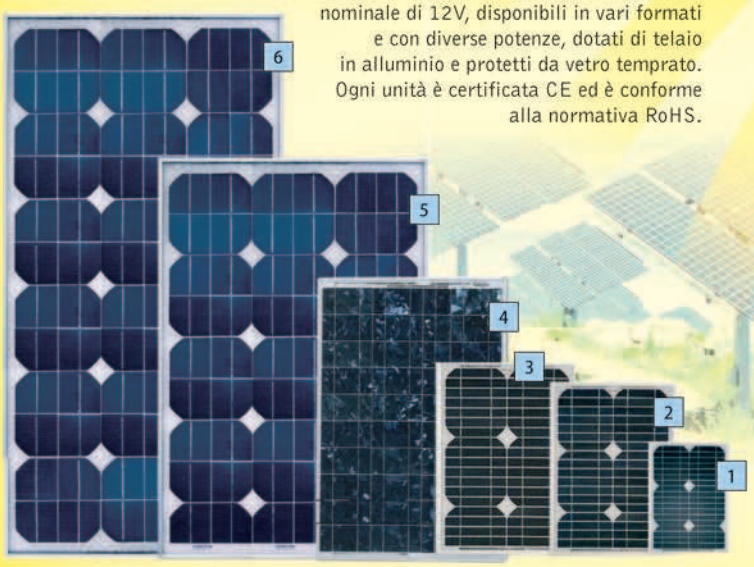
CODICE MIP 2763876

Pannelli Solari

IL SOLE: energia pulita!

CODICE MIP 2753541

Moduli monocristallini con tensione nominale di 12V, disponibili in vari formati e con diverse potenze, dotati di telaio in alluminio e protetti da vetro temprato. Ogni unità è certificata CE ed è conforme alla normativa RoHS.



Codice	Rif.	Tensione max (Vmp)	Potenza di picco (Wp) / Corrente di picco (Imp)	Dimensioni (mm)	Peso (kg)	Prezzo €
STP05M	1	16,8V	5W / 0,30A	294 x 254 x 23	0,8	**42,00**
STP10M	2	17V	10W / 0,59A	396 x 289 x 23	1,4	**82,00**
STP15M	3	17,2V	15W / 0,88A	440 x 294 x 23	1,8	**125,00**
STP24M	4	17,4V	24W / 1,38A	570 x 414 x 23	2,5	**190,00**
STP50M	5	17,6V	50W / 2,85A	835 x 540 x 28	5,5	**372,00**
STP85M	6	17,6V	85W / 4,83A	1210 x 540 x 28	8,2	**585,00**

Regolatori di carica

per DOPPIA BATTERIA

Regolatori di carica per applicazioni fotovoltaiche. Consentono di fornire la giusta quantità di corrente alle batterie proteggendole da una eccesso di carica o scarica con lo scopo di prolungarne il più possibile la durata.

Codice	Rif.	Tensione batteria	Corrente max carico	Dimensioni (mm)	Prezzo €
SOL7UC	1	12 V	7 A	80 x 110 x 25	**23,00**
SOL10UC	2	12 V	10 A	145 x 165 x 80	**49,00**
SOL30UC12V	3	12 V	30 A	160 x 95 x 40	**82,00**
REGDUO10A	4	12 / 24V	10 A	153 x 76 x 37	**75,00**
REGSOL12A	5	12 / 24V	12 A	105 x 95 x 38	**40,00**
REGSOL24A	6	12 / 24V	24 A	140 x 110 x 47	**97,00**
REGSOL45A	7	12 / 24V	45 A	160 x 150 x 55	**170,00**

Mini caricabatterie solare con batteria Li-Ion - 5V/800mA

€ 27,00

SOL11

Fornisce sul connettore USB di cui dispone una tensione di 5V e ha una capacità massima di 800mAh. Ideale per cellulari, PDA, ecc. È dotato di doppio LED bianco che ne permette l'impiego come luce di emergenza. La batteria integrata può essere ricaricata anche tramite USB (5Vdc). Dimensioni 103 x 43 x 15mm; peso 75g.

Caricabatterie solare per cellulari e batterie AAA/8V

Perfetto per il campeggio! Ideale per ricaricare telefoni cellulari, MP3, ecc... quando la rete elettrica non è disponibile. Il dispositivo integra anche un caricabatterie adatto per 5 batterie formato AAA (non incluse). Tensione d'uscita max 8Vdc; dimensioni 168 x 108 x 28mm; peso 400g. Fornito con connettore standard e con vari adattatori per cellulari. Solo per utilizzo in ambienti interni.

€ 24,00

€ 49,00

Codice	Rif.	Tipo pannello	Corrente max	Potenza
SOL12	1	amorfo	110mA	1W
SOL13	2	monocristallino	220mA	2W

Caricabatterie solare con batteria Li-Ion - 5,5÷9,5V/500mA

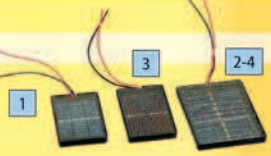
SOL17

€ 35,00

Dispone di pannello solare policristallino e di batteria ricaricabile integrata da 3,7V/2Ah. È in grado di fornire sul connettore USB d'uscita 3 valori di tensione selezionabili (5,5 - 7,5 - 9,5V) e una corrente massima di 500mA (a 5,5V). Ideale per ricaricare dispositivi portatili quali lettori MP3/Mp4, PDA, cellulari, ecc. La batteria interna può essere ricaricata con l'energia solare o tramite USB (5Vdc). Dimensioni 120 x 70 x 15mm; peso 100g (con batteria). Inclusi vari adattatori per cellulari.

Mini cella solare incapsulata

Cella fotovoltaica dalle dimensioni estremamente ridotte a tenuta stagna ideale per effettuare esperimenti con l'energia solare.



Codice	Rif.	Tensione d'uscita	Corrente max	Dimensioni	Prezzo €
SOL1	1	0,5 V	400 mA	46 x 72 x 6 mm	**4,50**
SOL2	2	0,5 V	800 mA	66 x 95 x 6 mm	**10,00**
SOL3	3	1 V	200 mA	46 x 75 x 6 mm	**4,50**
SOL4	4	2 V	200 mA	66 x 95 x 6 mm	**10,00**

Prezzi IVA inclusa.

Valigetta solare 13 W

€ 118,00

SOL8

Modulo amorfo adatto per la ricarica di batterie a 12V. La pratica valigetta nel quale è alloggiato consente un trasporto semplice e sicuro. Corrente massima 750mA, dimensioni 510 x 375 x 40mm; peso 4,4 kg. Completo di cavo lungo 3m con spina accendisigari e attacchi a "coccodrillo.

Pannello solare portatile 1,5 W

€ 29,00

SOL5

Pannello amorfo in grado di erogare una potenza di 1,5 watt, dotato di connettore di uscita multiplo e clips per il fissaggio al vetro interno della vettura. Tensione di picco 14,5 volt; corrente massima 125mA; dimensioni 340 x 120 x 14mm; peso 0,45kg.

Pannello solare amorfo da 15 W

SOL15

€ 130,00

Pannello amorfo dotato di telaio in alluminio, resistente all'acqua e alla corrosione, completo di cavo da 1,8m con attacchi a coccodrillo. Tensione massima 17,5V, corrente massima 0,85A; dimensioni 923 x 313 x 22 mm; peso 4,9 kg.

Pannello solare portatile 5 W

SOL6N

Realizzato in silicio amorfo, è in grado di fornire una tensione 13,5 volt e una corrente massima di 350mA. Dispone di cavo lungo 3 metri con spina accendisigari e attacchi a "coccodrillo". Dimensioni 352 x 338 x 16mm.

€ 52,00

FUTURA ELETTRONICA idee in elettronica

Via Adige, 11 • 21013 Gallarate (VA) • Tel. 0331/799775 • Fax. 0331/792287

Maggiori informazioni su questi prodotti e su tutte le altre apparecchiature sono disponibili sul sito www.futurashop.it tramite il quale è anche possibile effettuare acquisti on-line.

l'angolo di Mr A.KEER

OPERATORE *universale* NOR

Con l'analisi del secondo operatore logico universale, noto come NOR, si conclude la presentazione delle porte logiche, cioè dei componenti resi disponibili sul mercato per realizzare le strutture principali dell'algebra di Boole

Le porte logiche sono circuiti elettronici molto semplici ma geniali; inventate quasi cinquant'anni fa per realizzare concretamente le funzioni suggerite dalla teoria digitale di Boole, hanno subìto una normale evoluzione tecnologica mantenendo però sempre la stessa filosofia di *mattoncini* con cui edificare qualunque edificio; con questo articolo terminiamo la loro rassegna, in attesa di cimentarci (a partire dal prossimo) con i *componenti combinatori*, dei quali le porte sono parte integrante.

OPERATORE NOR (TTL):

74LS02, 74LS27, 74LS260 (74LS25, 74LS23)

Il nome di questo operatore (e delle porte ad esso associate, descritte dai *datasheet* come NOR Gates) deriva dalla sua natura di *OR negata*, NOT-OR, e mette in evidenza la funzione *somma logica negata* che è chiamato a realizzare. La serie TTL LS prevede 3 componenti per l'operatore universale NOR: il 74LS02 contiene 4 porte a 2 ingressi **(figura 1)**, il 74LS27 ne contiene 3 a 3 ingressi (**figura 2)** e il 74LS260 **(figura 3)** ne contiene 2 a 5 ingressi, invece dei tradizionali 4; non esiste un componente di questa famiglia 8 ingressi. Esiste la potenziale disponibilità di altri 2 componenti, dotati di 2 porte a 4 ingressi, il 7425 **(figura 4)** e il 7423 **(figura 5)**, entrambi appartenenti alla serie TTL standard e caratterizzati dalla presenza di un quinto ingresso di controllo, detto strobe; una delle 2 porte del secondo è dotata anche di ulteriori 2 piedini che ne consentono l'espandibilità (per questo è definito Expandable). Per ciascuno dei 5 componenti la Figura 6 (schema funzionale) mostra il numero e la funzione affidata dal costruttore a ciascun piedino; esso è simile allo schema logico (Logic Diagram) talvolta offerto in sua vece da alcuni datasheet. Lo schema pratico **(figura 7)** raccoglie, per ogni componente, il simbolo delle singole porte, da utilizzare direttamente nel contesto di un progetto, evidenziando il nome dei

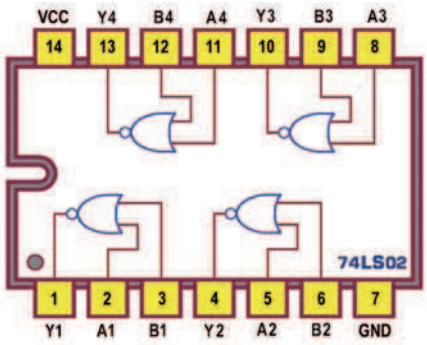


Figura 1: Quad 2-input NOR Gates 74LS02: Pin-out.

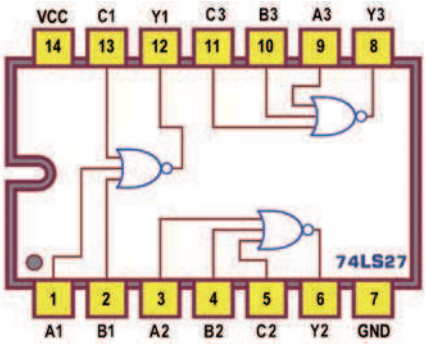


Figura 2: Triple 3-input NOR Gates 74LS27: Pin-out.

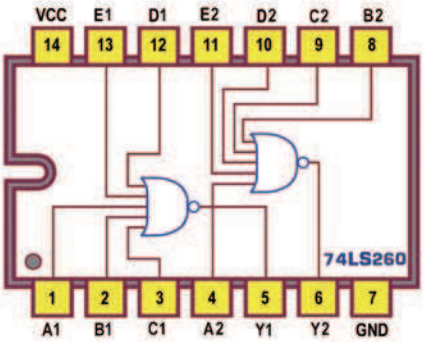


Figura 3:
Dual 5-input NOR Gates 74LS260: Pin-out.

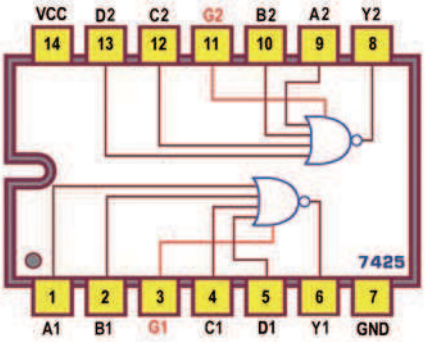


Figura 4:
Dual 4-input NOR Gates with strobe 7425: Pin-out.

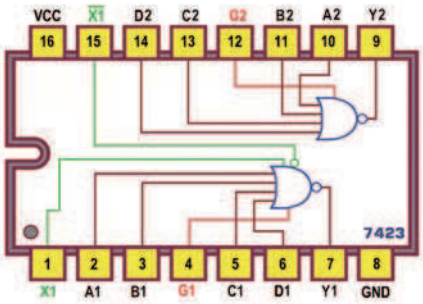


Figura 5:
Dual 4-input NOR Gates expandable with strobe 7423: Pin-out.

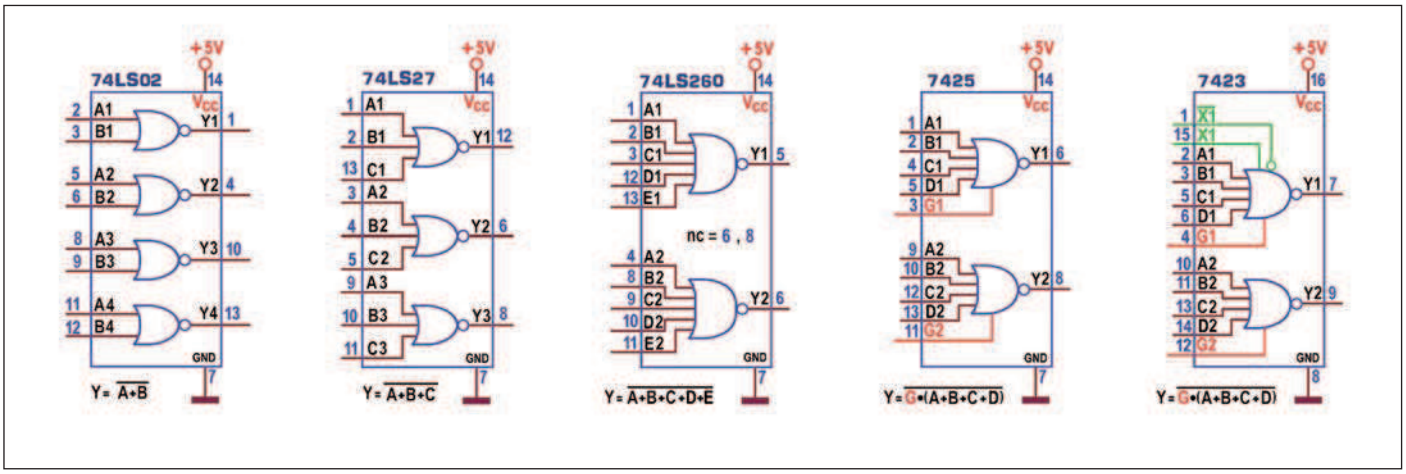


Figura 6: NOR Gates [TTL]: Schema funzionale.

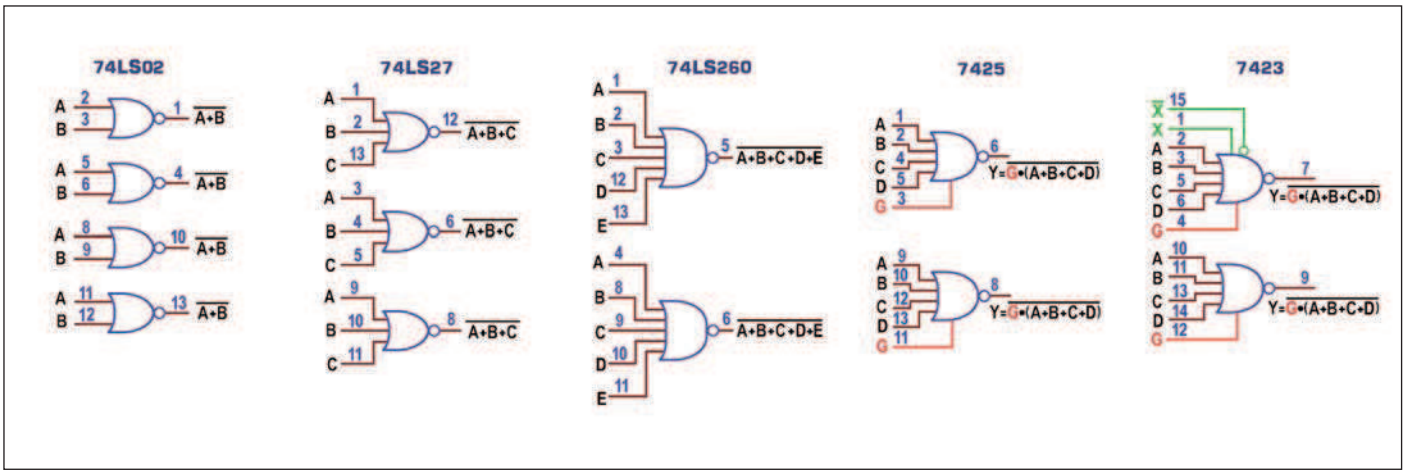


Figura 7: NOR Gates [TTL]: Schema pratico.

segnali logici che entrano e di quelli che escono e il numero dei piedini ad essi riservati. La presentazione degli ultimi 2 dispositivi è discutibile, data la loro probabile obsolescenza, ma si presta ad alcune interessanti considerazioni: si tratta di una buona occasione per mettere in evidenza l'azione svolta da un particolare segnale di controllo, detto strobe, in grado di influenzare il funzionamento di altri segnali; il suo nome è solitamente associato ad un dispositivo usato per la produzione di lampi di luce (detta appunto stroboscopica) importante in determinate applicazioni scientifiche ed industriali, ma anche comunemente nota come effetto speciale in discoteca... Questa premessa serve a sottolineare il vezzo, piuttosto frequente nel gergo tecnico, di attingere dal modo esterno parole che sembrano incongruenti nel loro ambito: una di queste è, appunto, strobe e ovviamente non ha nulla a che fare con le luci ma si deve intendere come sincronismo, in grado di segnalare ad un determinato dispositivo l'istante esatto (fronte di discesa) in cui intervenire, il tempo (livello basso) ad esso concesso per esercitare la sua influenza, e l'istante esatto (fronte di salita) in cui la sua azione sarà di nuovo interdetta.

Lo strobe appena descritto è attivo basso (quello solitamente più diffuso) ma può naturalmente essere usato anche nella logica opposta, proprio come fanno le porte NOR dei 7423 e 7425: la **figura 8 a** mostra l'azione del segnale G, attivo alto, che ha il compito di lasciar passare gli ingressi effettivi della NOR solo quando è a livello 1 (G*A=1*A=A, ecc.), mentre se G=0 l'uscita della NOR è a 1 per qualunque valore degli ingressi; praticamente la linea di controllo G apre o chiude le porte AND, chiamate a gestire gli ingressi della NOR, influenzandone il funzionamento. La **figura 8 b** traduce la descrizione in **Tabella di Verità**. Come abbiamo già visto descrivendo le porte NAND, l'azione invertente esercitata su ciascuna delle uscite è sintetizzata dal pallino posto su di esse, che per questo si devono intendere attive basse. La **figura 9** raccoglie il simbolo logico standard (stabilito dalle norme internazionali) di ciascuno dei componenti NOR; in essi la funzione del pallino d'uscita è ora assolta da un triangolino... La **figura 10**

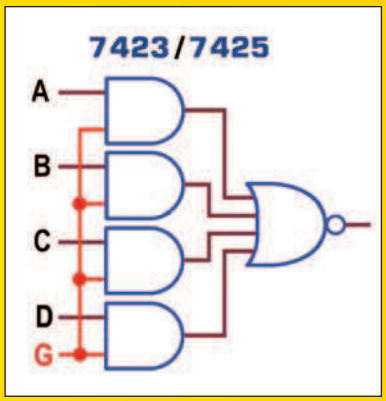
propone la **Tabella di Verità** (Function Table) delle porte contenute nei 3 principali integrati TTL LS. L'operatore NOR (come quello NAND) è detto universale per la sua capacità di trasformarsi in un qualunque altro operatore. La trasformazione di una NOR in NOT è immediata: basta unire tra loro i piedini delle porte di ognuno dei componenti trattati; la **figura 11 a** dimostra che, se in ingresso c'è 1 in uscita avremo 0 e se c'è 0 avremo invece 1. La situazione, più volte evidenziata in passato, per la quale gli ingressi delle logiche TTL, se lasciati aperti, sentono un 1 (cioè si portano allo stato H) è, in questo caso, intollerabile: lasciare scollegati gli ingressi inutilizzati renderebbe inutilizzabile anche la porta NOR perchè la sua uscita sarebbe forzata a 0 indipendentemente dal valore della variabile posta sull'altro piedino, precludendone dunque il passaggio. La **figura 11 b** ci aiuta a capire che, per tenere aperta la porta e per rendere ininfluenti alcuni suoi piedini, essi devono essere collegati a 0; una tecnica perfetta anche per trasformare una NOR in NOT. Le **figure 12 a** e **12 b** riassumono questo concetto rispettivamente per le logiche AND e per le logiche OR, anticipando il concetto di gating dei segnali (cioè il controllo del loro passaggio attraverso la porta stessa) che svilupperemo la prossima puntata.

Anche la realizzazione di una OR con sole porte NOR è immediata, collegandone 2 in cascata con la seconda usata come inverter; la **figura 13** propone 2 soluzioni possibili, logicamente equivalenti, giustificate dalla regola di Boole per la quale la doppia negazione equivale ad una affermazione. La costruzione di una AND con sole porte NOR è invece più complessa; come abbiamo visto la scorsa puntata per la NAND è necessario far riferimento al teorema di De Morgan (un'altra importante regola dell'algebra di Boole), anticipata in **figura 14 a**; la porta AND si ottiene utilizzando una NOR con ingressi negati (vedi **figura 14 b**).

Per la realizzazione di una porta NAND con le NOR è ovviamente sufficiente aggiungere una ulteriore porta con piedini collegati tra loro (cioè con le funzioni di inverter). Per ottenere un OR ESCLUSIVO sembra logico tentare anche con le NOR lo stesso metodo proposto la volta scorsa con le NAND, per vedere che succede...; la base di partenza è sempre l'equazione:

$$\overline{A}B + A\overline{B}$$

definita per la OREX dalla teoria booleana, dalla quale si ricava il circuito di **figura 15 a**; sostituendo le porte NOT, AND e OR con le rispettive equivalenze NOR si ottiene il circuito di **figura 15 b**, certamente equivalente, come risulta dalla trattazione analitica di **figura 15 c**. Le cose sembrano peggiorare rispetto alla soluzione con le NAND: servono ben 6 NOR a 2 ingressi, 2 in più di quante disponibili del componente 74LS02. A questo punto vogliamo verificare che succede se sostituiamo con le NOR le porte del magico circuito che realizza un OR ESCLUSIVO con sole 4 NAND a 2 ingressi: sorprendentemente il circuito di Fi-



7423/7425

INPUT					OUTPUT
A	B	C	D	G	Y
H	X	X	X	H	L
X	H	X	X	H	L
X	X	H	X	H	L
X	X	X	H	H	L
L	L	L	L	X	H
X	X	X	X	L	H

H livello logico alto - L livello logico basso - X livello logico alto o basso

Figura 8: NOR Gates 7425/7423: a) Dettaglio strobe G b) Tabella di verità.

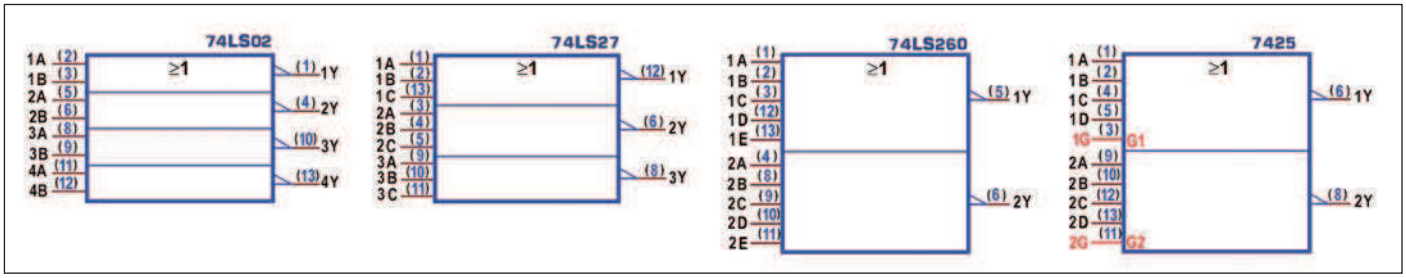


Figura 9: NOR Gates [TTL]: Simbolo logico ANSI/IEEE Std. 91-1984.

74LS02

INPUT		OUTPUT
A	B	Y
H	X	L
X	H	L
L	L	H

H livello logico alto
L livello logico basso
X livello logico alto o basso

74LS27

INPUT			OUTPUT
A	B	C	Y
H	X	X	L
X	H	X	L
X	X	H	L
L	L	L	H

H livello logico alto
L livello logico basso
X livello logico alto o basso

74LS260

INPUT					OUTPUT
A	B	C	D	E	Y
H	X	X	X	X	L
X	H	X	X	X	L
X	X	H	X	X	L
X	X	X	H	X	L
X	X	X	X	H	L
L	L	L	L	L	H

H livello logico alto
L livello logico basso
X livello logico alto o basso

Figura 10: NOR Gates [TTL]: Tabella di verità.

gura 15d è equivalente ad una porta NOREX! come dimostra la verifica algebrica di **figura 15 e**.
Naturalmente la cosa sorprende solo emotivamente... in realtà nella logica digitale tutto è razionale e prevedibile, governato da principi non sindacabili, come quello della dualità, che sta alla base di questa conclusione. Va detto che la struttura a 4 NOR equivale logicamente ad una delle porte contenute nel 74LS266, descritto la terza puntata e di tipo a collettore aperto: è questa la ragione della presenza del resistore di pull-up da 10Kohm presente, nello schema, sulla sua uscita. In chiusura possiamo ricordiamo che le NOR (come le NAND) non godono più della proprietà associativa per cui non possono essere poste in cascata; la **figura 16 a** conferma che 2 porte NOR a 2 ingressi in cascata non rea-

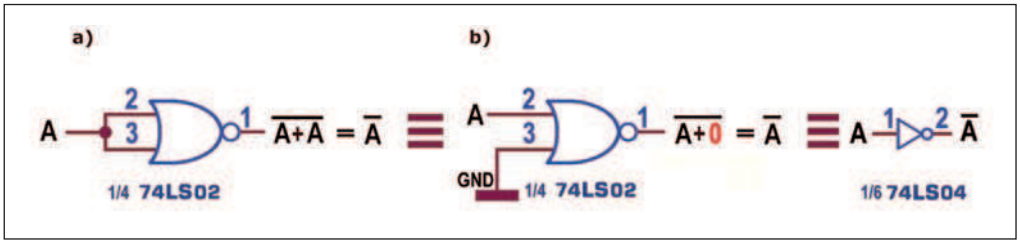


Figura 11: NOR Gates: Realizzare un INVERTER.

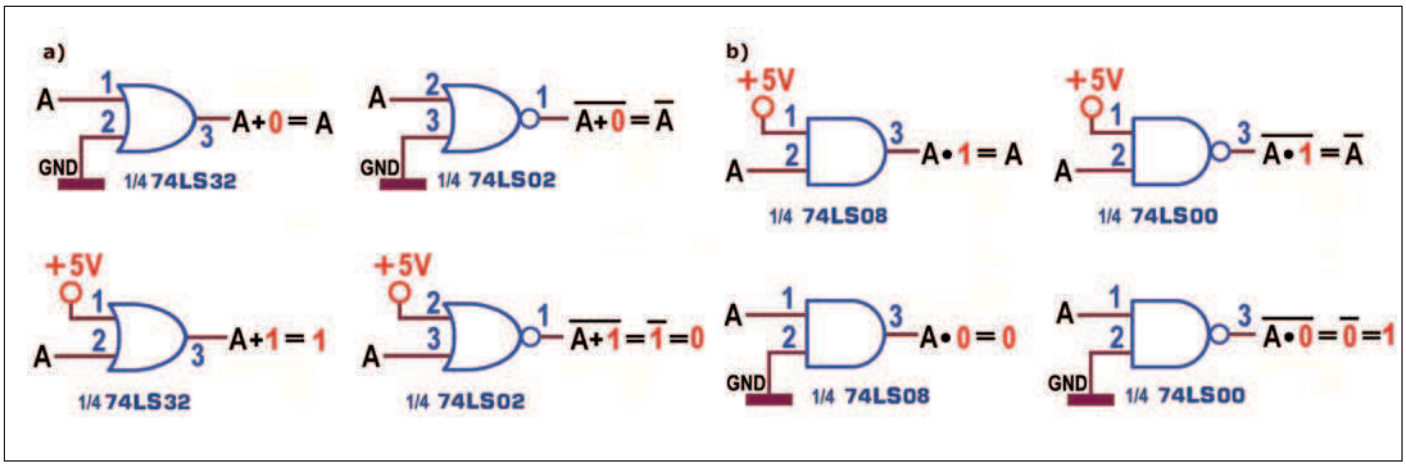


Figura 12: Concetto di gating dei segnali.

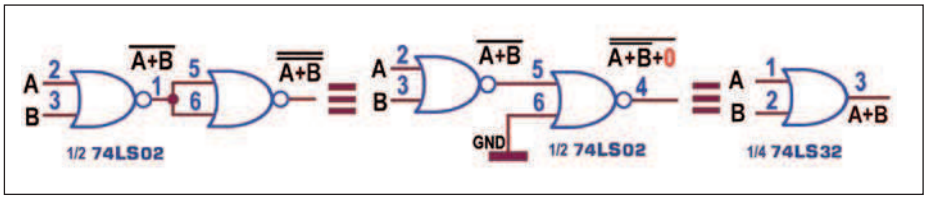


Figura 13: NOR Gates: Realizzare una OR.

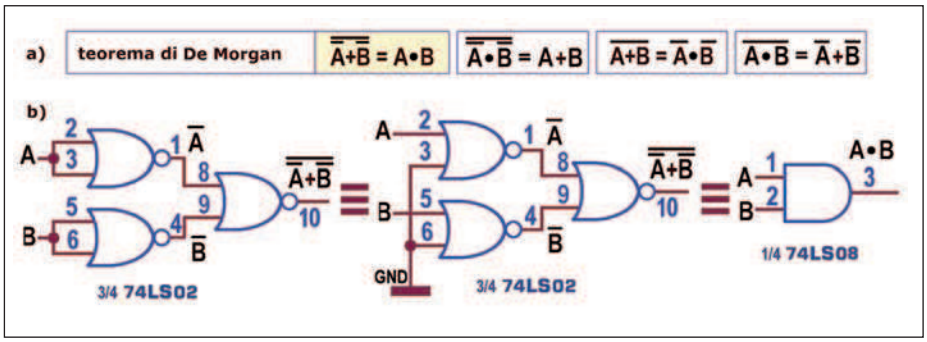


Figura 14: NOR Gates: Realizzare una AND.

lizzano una NOR a 3 ingressi: la cosa si può fare solo al costo di una ulteriore porta, aggiungendo un inverter tra le 2 **(figura 16 b)**. Le caratteristiche elettriche delle porte NOR trattate finora sono quelle della famiglia logica TTL LS, proposte in dettaglio la prima puntata; tra esse è utile ricordare la corrente massima assorbita in uscita a livello 0, I_{OL}=8 mA, e la tensione tipica in uscita a livello 1, V_{OH}=3,5 V. La potenza dissipata massima (con uscite a 0) è mediamente pari a 30 mW mentre il ritardo di propagazione massimo (Propagation Delay Time, con carico di 2kohm/15pF) è mediamente pari a 15ns per entrambe le transizioni (t_{PLH} e t_{PHL}).

La famiglia TTL standard (a cui appartengono il 7423 e il 7425) ha caratteristiche sostanzialmente identiche, con eccezione delle correnti massime a livello 0, il doppio rispetto alla versione LS: I_{OL}=16 mA (assorbita in uscita) e I_{IL}=1,6 mA (erogata in ingresso); la potenza massima (con uscite a 0) dissipata da queste porte NOR è pari a 95 mW, mentre il ritardo di propagazione massimo (con carico di 400ohm/15pF) è di 22 ns per la transizione t_{PLH} e di 15 ns per la transizione t_{PHL}. Sono disponibili anche 4 versioni in grado di assicurare correnti IOL d'uscita massima di 24 mA, tutte pinout compatibili con il 74LS02: il 74LS28 (con uscite bufferizzate), il 74LS33 (con uscite a collettore aperto) e il 74LS128 (specificatamente pensato per pilotare linee da 50 ohm, Line Driver); il 74LS805 (un altro Line Driver) contiene invece 6 porte a 2 ingressi e richiede per questo un contenitore a 20 piedini.

OPERATORE NOR (CMOS):

4001, 4025, 4002, 4078, 4000

La serie CMOS riserva 5 componenti all'operatore universale NOR: il 4001 contiene 4 porte a 2 ingressi **(figura 17)**; il

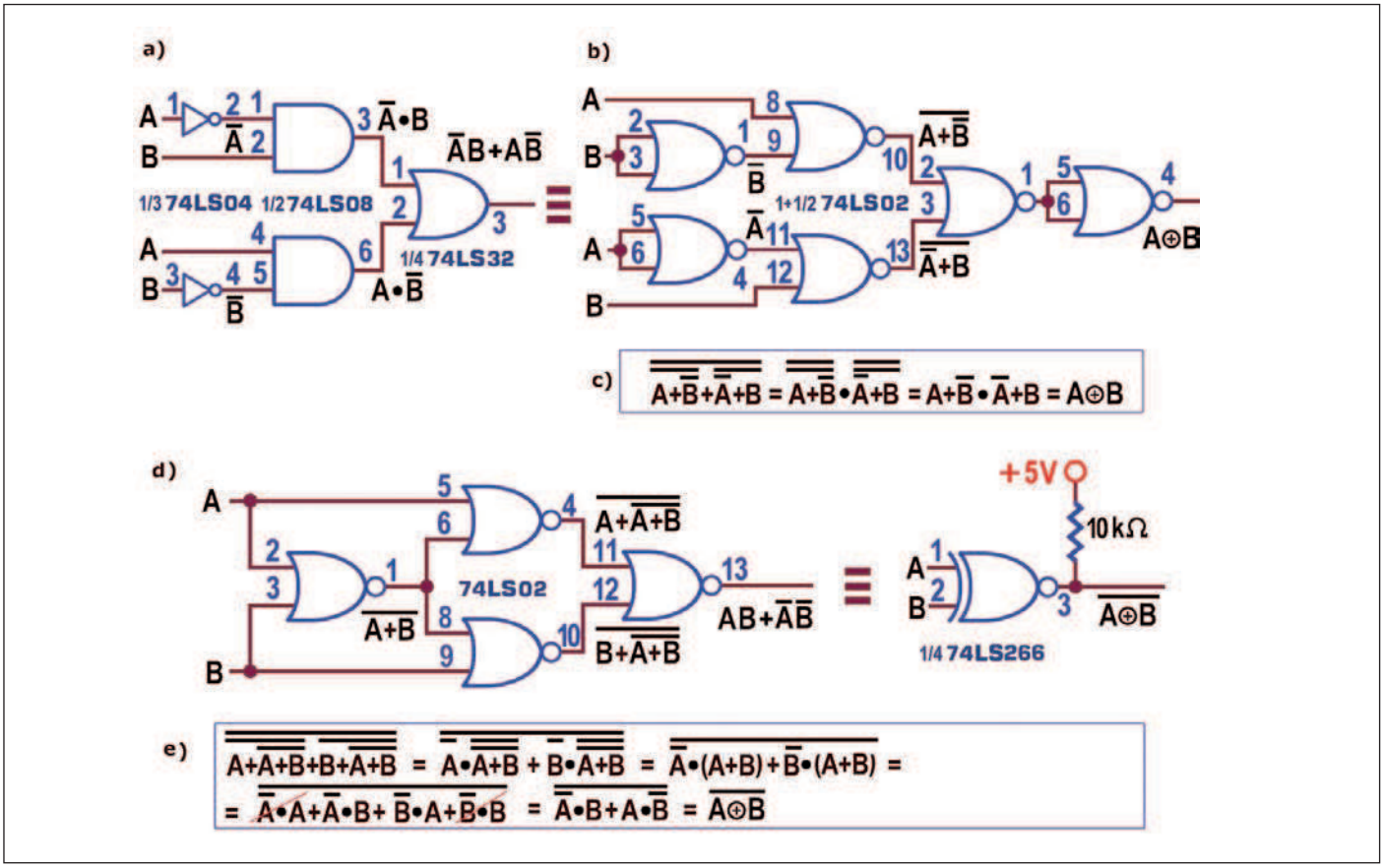


Figura 15: NOR Gates: Realizzare una OR ESCLUSIVO.

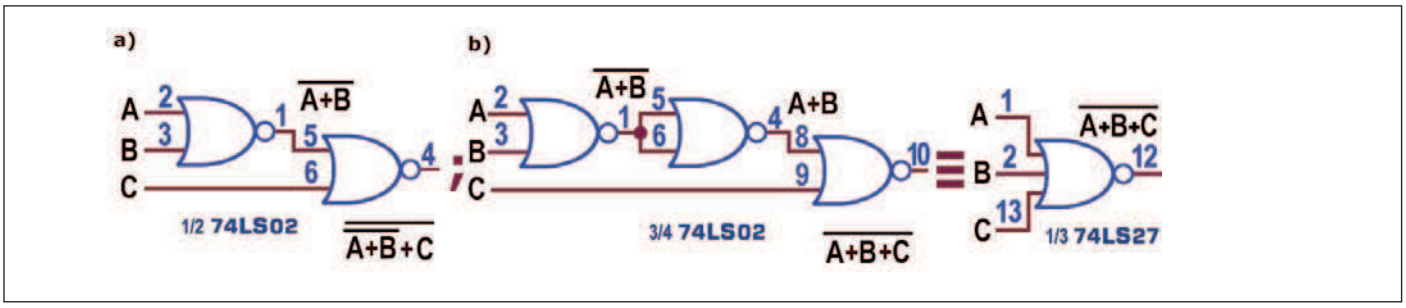


Figura 16: NOR Gates: a 3 ingressi in cascata.

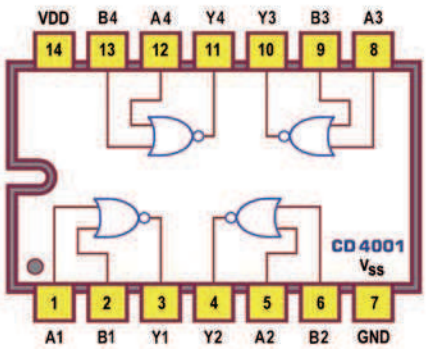


Figura 17: Quad 2-input NOR Gates 4001: Pin-out.

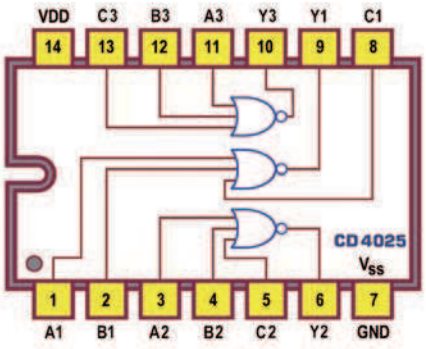


Figura 18: Triple 3-input NOR Gates 4025: Pin-out.

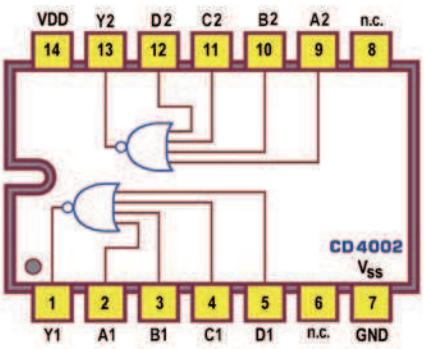


Figura 19: Dual 4-input NOR Gates 4002: Pin-out.

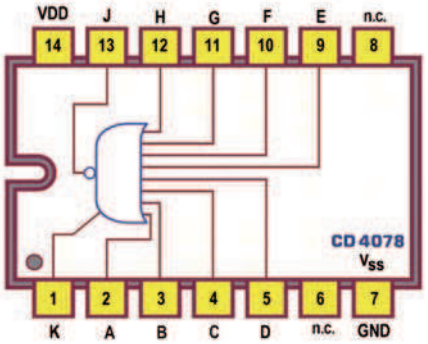


Figura 20: 8-input NOR Gates 4078: Pin-out.

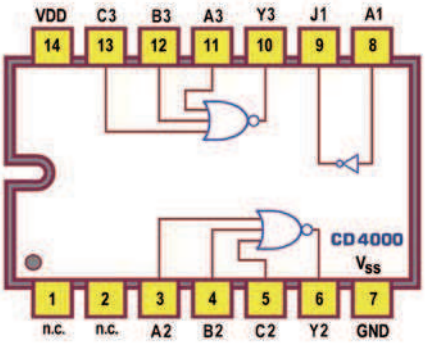


Figura 21: Dual 3-input NOR + NOT Gates 4000: Pin-out.

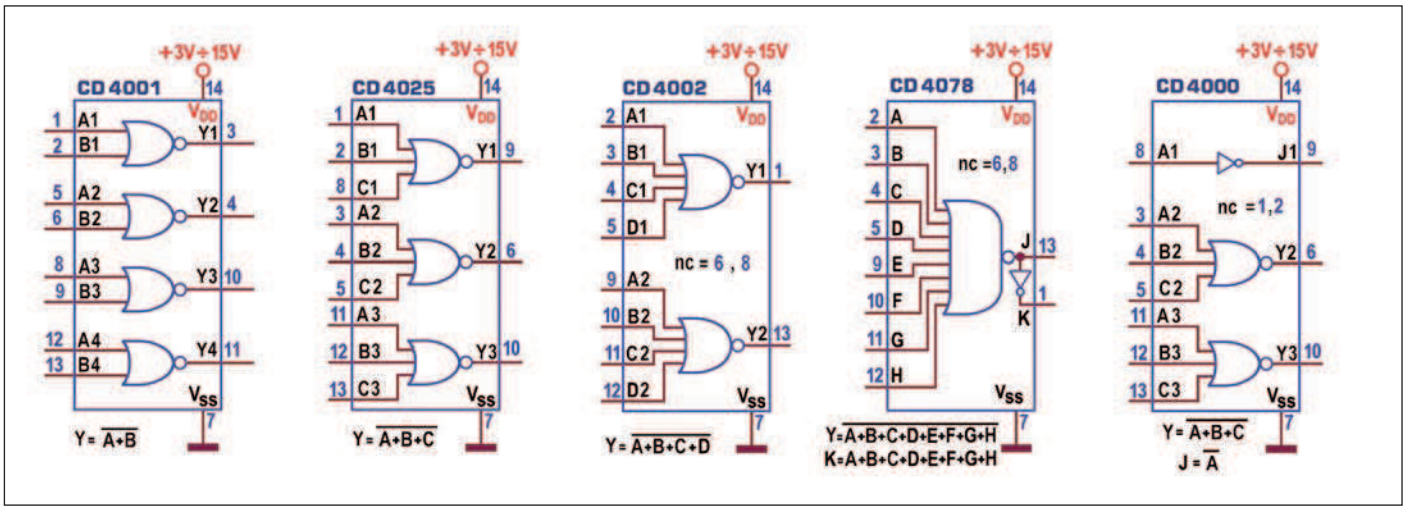


Figura 23: NOR Gates [CMOS]: Schema pratico.

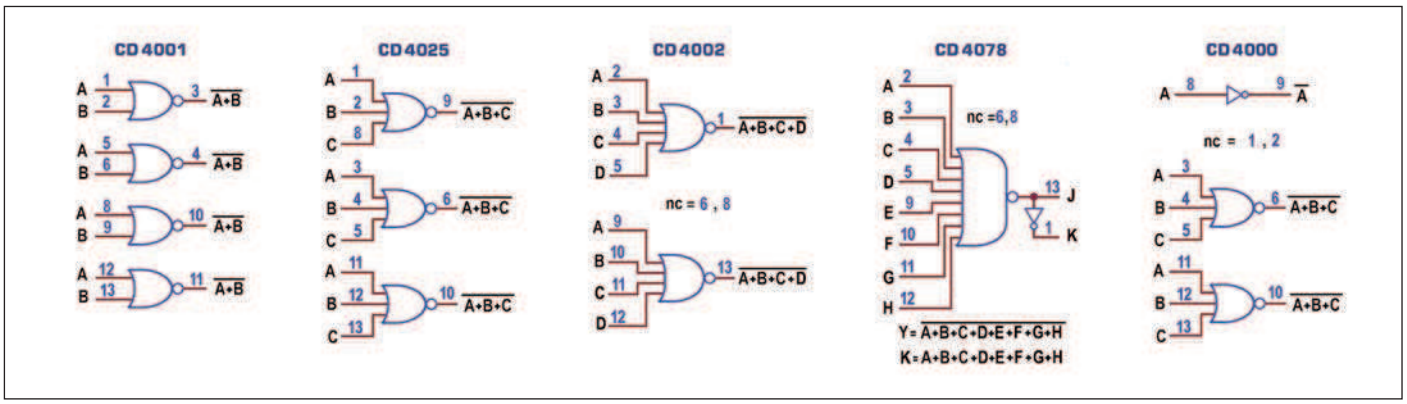


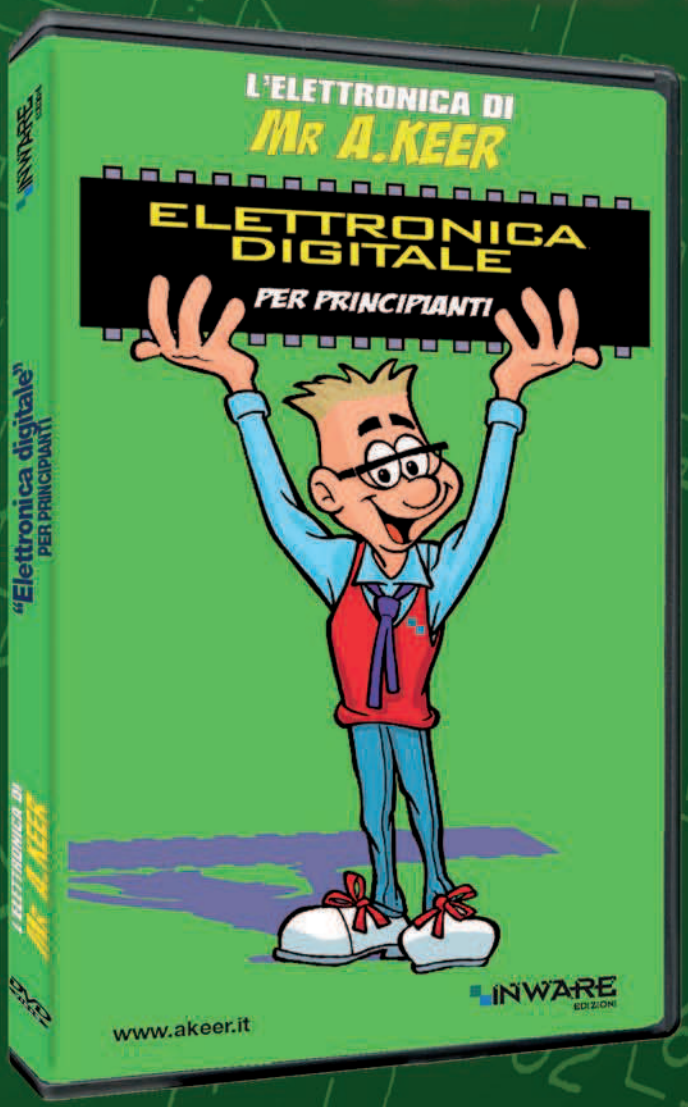
Figura 22: NOR Gates [CMOS]: Schema funzionale.

4025 ne contiene 3 a 3 ingressi **(figura 18)**, il 4002 ne contiene 2 a 4 ingressi **(figura 19)** e il 4078 ne contiene 1 a 8 ingressi **(figura 20)**, caratterizzato dalla presenza di una seconda uscita sulla quale rende disponibile anche la funzione OR a 8 ingressi; in aggiunta c'è anche il 4000, la cui dotazione è decisamente originale **(figura 21)**: contiene 2 porte a 3 ingressi e un inverter! Gli schemi funzionali e pratici per questi 5 componenti sono mostrati rispettivamente in **figura 22** e in **figura 23**. Le caratteristiche elettriche dei 5 componenti sono quelle della famiglia logica CMOS, proposte in dettaglio la prima puntata; in sintesi: la tensione di alimentazione V_{DD} può variare da 3V a 15V; le uscite assicurano lo stesso valore sia per la corrente assorbita IOL a livello 0 che per quella erogata IOH a livello 1, da 1mA (con V_{DD}=5V) fino a 8mA (con V_{DD}=15V); i livelli di tensione su ogni uscita sono tipicamente uguali alla V_{DD} per la V_{OH} (a livello alto) e alla VSS (=0V) per la V_{OL} (a livello basso). La potenza dissipata è trascurabile (qualche μW); il ritardo di propagazione massimo t_{PLH} e t_{PHL} (con carico di 200kohm/50pF) varia mediamente da 100 ns a 35 ns, al crescere del valore dell'alimentazione. ❑

Codice MIP 2756707

...CONTINUA LA COLLEZIONE

Impara l'elettronica senza sforzo!



A MAGGIO IN EDICOLA

3 IL TERZO DVD VIDEO

SOLO €9,90

DA NON PERDERE!

Contiene un **buono sconto di 30 €** per l'acquisto dello strumento **Poscope basic bundle**

CODICE MIP 2764126

PER INFORMAZIONI SUGLI ALTRI DVD DELLA COLLANA VISITA: **www.akeer.it**

è una esclusiva di INWARE EDIZIONI

di FRANCESCO PENTELLA

Lezioni di VHDL *(parte seconda)*

Sintassi e semantica VHDL

La seconda parte del corso introduce il lettore sugli aspetti lessicali e semantici del linguaggio. Questi aspetti sono di fondamentale importanza perché ci consentono di costruire le nostre applicazioni basate su VHDL: un linguaggio formale per la descrizione di un sistema hardware

Si è posto in evidenza, nella prima parte del corso, che il VHDL è utilizzato per descrivere sistemi hardware digitali. Il linguaggio VHDL è simile ai linguaggi di programmazione per la costruzione di programmi software. Rispetto a questi ultimi è dotato di caratteristiche nuove, necessarie alla diversa natura dell'oggetto da descrivere. Essendo un linguaggio formale, condivide alcune caratteristiche con i linguaggi di programmazione utilizzati per descrivere sistemi software. Il linguaggio ADA è quello che più si avvicina, da un punto di vista semantico, al linguaggio VHDL. Questa somiglianza, però, può comunque trarre in errore. L'efficienza di un progettista è direttamente proporzionale agli strumenti che dispone; nel caso di un progettista VHDL la sua efficienza aumenta tanto più utilizza un linguaggio descrittivo che è il più possibile vicino alla propria visione del sistema da modellare. Si è anche scritto, poi, che il VHDL supporta differenti livelli di astrazione. La descrizione funzionale o comportamentale è il livello più alto e definisce cosa il sistema deve fare, e a questo riguardo il progettista utilizza descrizioni di tipo algoritmiche, fatte con istruzioni procedurali simili a quelle dei linguaggi di programmazione software. La descrizione di tipo dataflow contiene, invece, una rappresentazione del flusso dei dati fatta per mezzo di equazioni logiche, in cui si descrive l'effetto dei segnali in uscita da un flusso in risposta a eventi su segnali in ingresso al flusso. Per ultimo, la descrizione strutturale, o gate level, è, invece, quello più basso dove il sistema è rappresentato direttamente nella sua struttura come rete di porte logiche, in questo caso si indicano i componenti del sistema e le interconnessioni tra essi. Qualsiasi sistema hardware rappresenta un processo di trasformazione di determinati segnali che riceve al suo ingresso e produce dei segnali in uscita che risultano essere relazionabili tra loro. Inoltre, questo può generalmente essere rappresentato in termini di sottosistemi, i quali posseggono analoghe caratteristiche ed operano in modo parallelo e potenzialmente indipendente gli uni dagli altri. Per definire un sottosistema occorre definire una sua interfaccia esterna, ovvero gli ingressi e le uscite che rappresentano le sue relazioni con gli altri sottosistemi o con l'esterno e il suo funzionamento interno, ovvero che cosa fa il sistema e come lo fa. La **figura 1** mostra le varie relazioni esistenti. Ogni sistema, dal più semplice al più complesso, si compone di unità funzionali ben identificabili. Tali unità, a volte dette moduli o blocchi, hanno lo scopo di isolare una funzione ben precisa del sistema complessivo con il duplice scopo di fornire una visione strutturata del progetto e di scomporre un

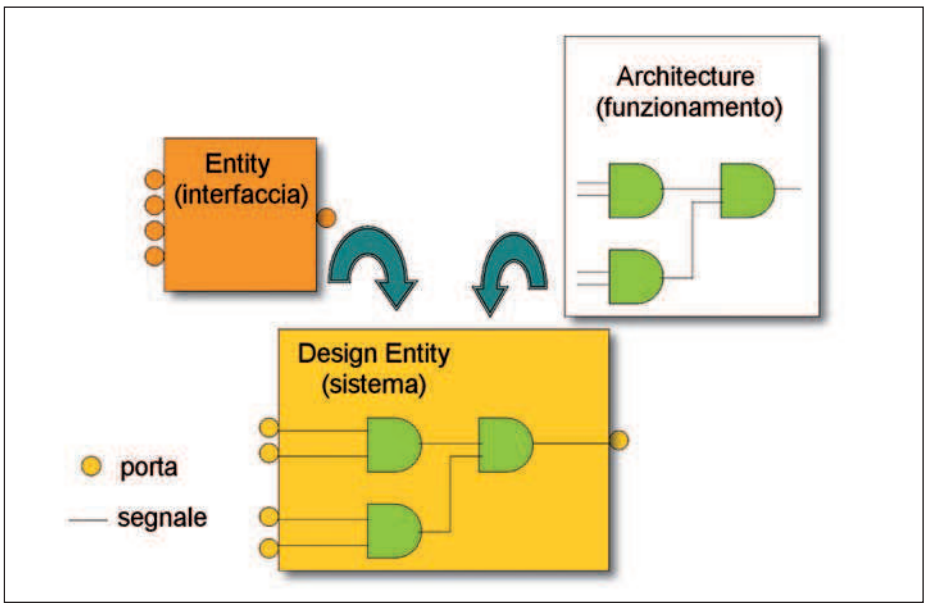


Figura 1: entità e relazioni.

problema molto complesso - lo sviluppo di un intero sistema - in un insieme di sottoproblemi di complessità minore. In VHDL il modello di un sottosistema è detto design entity ed è costituito da due parti: una entity (che descrive l'interfaccia) e una architecture (che descrive il funzionamento). La **figura 2** mostra la sua struttura. Nella descrizione hanno un ruolo fondamentale i segnali, non sono altro che dei conduttori, che spostano i dati tra parti diverse del sistema. Le porte dell'interfaccia esterna sono segnali particolari perchè spostano i dati da e verso l'esterno. Le entity, le architecture, le configuration e i package (e i package body) sono detti design units. Un modello praticamente è fatto di design units al cui interno si costruisce la descrizione dettagliata del sistema. Inoltre, i packages e le librerie sono moduli che possono contenere porzioni di codice isolate dal resto della descrizione, allo scopo di rendere il codice riusabile. Il **listato 1** mostra un esempio di un package VHDL, mentre con il **listato 2** si pone in evidenza un comparatore a 4-bit utilizzando il concetto di entity. Per ora non ci preoccuperemo di dettagliare i vari aspetti sintattici delle design entity, ma ci soffermeremo sugli suoi aspetti interni. Infatti, il modello di un sistema, comunque complesso, si descrive attraverso un file sorgente che contiene istruzioni VHDL in formato testo.

ELEMENTI LESSICALI

Un programma in VHDL si scrive sotto la forma di una sequenza di righe di testo contenente una combinazione di caratteri che rappresentano parole predefinite in VHDL (parole riservate o keyword) e parole definite dall'utente, gli identificatori. E' bene notare, in un programma VHDL, alcune questioni. Le varie istruzioni e dichiarazioni terminano tutte con il punto e virgola (;). Inoltre, tutte le strutture hanno una forma chiusa, a differenza di quell'aperta in altri linguaggi come il Pascal. Alcune istruzioni possono essere precedute da un'etichetta (label), vale a dire una stringa seguita da un carattere di due punti (:). L'uso di una etichetta è abbastanza intuitivo; serve, infatti, a identificare l'istruzione nel sorgente o a dare il nome a elementi definiti da alcune istruzioni. In genere non c'è distinzione tra maiuscole e minuscole. Una riga di testo VHDL può essere immaginata come una sequenza di gruppi di caratteri noti come elementi lessicali. A questo proposito, consideriamo la seguente riga di codice VHDL:

```
opcode <= "1010101"; — Set the
opcode part of an instruction code
```

Si nota che è formata da 5 campi:

- L'identificatore: "opcode"
- Il simbolo composto: "<="
- La stringa: "1010101"
- Il simbolo semplice: ";"
- Il commento: "— Set the opcode part of an instruction code"

Gli identificatori che sono adiacenti tra loro devono essere separate da uno spazio e, come notiamo, questi sono formati da nomi che iniziano con una lettera. Il simbolo "_" `e permesso, ma non come primo simbolo di un nome. I commenti, poi, iniziano con un doppio meno "—" e occupano tutta la rimanente parte della riga. I commenti fanno parte della descrizione e per questa ragioni sono totalmente ignorati dal compilatore e che possono quindi essere liberamente utilizzate per documentare il codice. La formattazione del codice viene usata per migliorare la leggibilità, ma non modifica il significato dei costrutti coinvolti.

PAROLE RISERVATE (KEYWORDS)

In VHDL, come in tutti gli altri linguaggi di programmazione, sono presenti delle parole chiavi (keyword): queste non possono essere utilizzate dal progettista per identificare variabili o costanti presenti nel suo programma perchè sono utilizzate per contraddistinguere parti proprie del linguaggio. La lista delle parole chiavi sono riportate in **tabella 1**. Il linguaggio VHDL non è un linguaggio di tipo case sensitive (cioè non fa differenza tra lettere maiuscole e minuscole), con questo si vuole affermare che le due istruzioni che vediamo qui sotto hanno esattamente lo stesso significato:

```
ARout <= A or B;
ArOut <= A OR B;
```

La presenza di caratteri come spazi o caratteri di tabulazione nel codice sorgente non hanno impatti sul codice stesso. Infine, il linguaggio VHDL non vuole

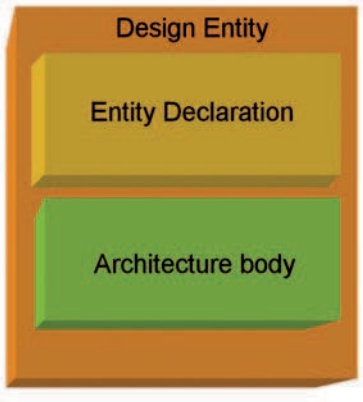


Figura 2: struttura di un design entity.

obbligatoriamente la presenza di parentesi nel codice: certamente l'uso di caratteri di questo tipo aumenta la sua leggibilità, ma non è obbligatorio utilizzarli. Così, in questo modo, non esiste un ordine di precedenza dei vari operatori dovuta dall'introduzione delle parentesi. Nei listati presenti in questa prima puntata sono presenti diversi keywords. Di solito le parole chiavi sono scritte in grassetto. Utilizzando gli identificatori estesi possiamo racchiudere una keyword nella definizione dell'indetificatore stesso, così per esempio possiamo fare \end\.

COMMENTI

L'importanza dell'uso dei commenti è ormai ritenuto, da tutti, di estrema importanza. Un programma ben strutturato con dei commenti comprensibili inseriti nel codice VHDL incide sulla sua leggibilità e manutenzione del programma. Abbiamo visto che i commenti in VHDL iniziano con un doppio meno "—". Nell'esempio seguente si ritiene valido l'assegnamento, mentre il commento inizia dopo il carattere ';':

```
opcode <= "1010101";  — Set the
opcode part of an instruction code
```

Invece in questo altro esempio il commento è relativo a tutta la riga, mentre l'assegnamento è ignorato:

```
— opcode <= "1010101";
```

Non esiste un limite dimensionali di un commento, infatti è possibile utilizzare dei commenti lunghi divisi su più linee, così:

```
— E' un commento
— su più
— righe
```

IDENTIFICATORI

Un sottosistema comunque complesso può essere visto, in sostanza, con un sistema in grado di trattare, secondo una logica imposta, una serie di segnali. Per questa ragione i dati che sono trattati sono segnali digitali con le caratteristiche associate. Gli elementi utilizzati per rappresentare i dati sono le costanti, i segnali e le variabili, che nel loro insieme vengono chiamati oggetti. In questo contesto, ogni oggetto è definito e trattato mediante un identificatore, un tipo e da un valore. Un oggetto in VHDL è una entità (con un nome identificativo) specificato da un tipo di dato a cui viene inoltre assegnato un valore. Gli oggetti vengono raggruppati in tre categorie distinte: le costanti, le variabili ed i segnali. L'identificatore e il valore vengono definiti nella fase dichiarativa, mentre il valore può essere assegnato tramite un'opportuna operazione di assegnamento, eventualmente nella fase dichiarativa (nel qual caso ci si riferisce a tale situazione con il termine inizializzazione). Gli identificatori, quindi, sono parole definite che sono definite dal programmatore per riferirsi a oggetti secondo il modello VHDL. In sostanza, un identificatore è una stringa che si crea per dare un nome a un oggetto, un sottoprogramma, una design unit o ad un'etichetta. Per esempio, nel **listato 1** vediamo delle funzioni di base AND2, OR2, NAND2, NOR2 e XOR2. Dal listato notiamo la dichiarazione di alcuni identificatori. Un identificatore è composto da qualsiasi sequenza di caratteri che rispetta la seguente regola:

- Qualsiasi lettera dell'alfabeto dalla "A" alla "Z" e "a" alla "z",
- I numeri da 0 a 9
- Il carattere (o trattino) "_"

Gli identificatori in VHDL sono definiti secondo la regola:

identifier ::= letter { [underscore] letter_or_digit }

Da questo deduciamo che:

- Il primo carattere deve essere una lettera
- L'ultimo carattere non può essere una carattere "_"
- In un identificatore non esiste una differenza tra carattere maiuscolo o minuscolo: è la stessa cosa, così And2 e AND2 è lo stesso oggetto.
- Due trattini "_"consecutivi non sono consentiti
- Un identificatore è case insentive
- Per VHDL il numero di caratteri di un identificatore può essere illimitato

Per esempio, i seguenti identificatori sono corretti:

"txclk, Txclk", "TXCLK", "TxClk". Il linguaggio VHDL non è case sensitive.
"Tx_clk"
"Three_State_Enable"
"Sel7D"

Mentre la seguente lista non è corretta:
"_tx_clk", il primo carattere non può essere un trattino.
"7DSel", il primo carattere non può essere un numero
"Link__bar", non sono consentiti due trattini consecutivi
"Select", non è consentito perché select è una parola riservata (keyword)
"Sel7D_", l'ultimo carattere non può essere un trattino o underscore
"This_Name" e "ThisName", Sono consentiti perchè grazie alla presenza di un trattino (o underscore) sono identificatori differenti

Questi sono anche chiamati identificatori di base, basic identifiers. Le regole per gli

LISTATO 1 - esempio di un package VHDL

```
— Package declaration
library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;
package basic_func is
   — AND2 declaration
   component AND2
     generic (DELAY: time :=5ns);
     port (in1, in2: in std_logic; out1: out std_logic);
   end component;
   — OR2 declaration
component OR2
     generic (DELAY: time :=5ns);
     port (in1, in2: in std_logic; out1: out std_logic);
   end component;
end package basic_func;

— Package body declarations
library ieee;
use ieee.std_logic_1164.all;
package body basic_func is
   — 2 input AND gate
   entity AND2 is
     generic (DELAY: time);
     port (in1, in2: in std_logic; out1: out std_logic);
   end AND2;
   architecture model_conc of AND2 is
     begin
           out1 <= in1 and in2 after DELAY;
   end model_conc;
— 2 input OR gate
entity OR2 is
     generic (DELAY: time);
     port (in1, in2: in std_logic; out1: out std_logic);
   end OR2;
   architecture model_conc2 of AND2 is
     begin
           out1 <= in1 or in2 after DELAY;
   end model_conc2;
end package body basic_func;
```

identificatori di base sono a volte troppe restrittive per indicare per esempio lo stato di un segnale. Per esempio se volessimo indicare un segnale attivo basso, utilizzando le regole per gli identificatori di base non possiamo dargli un nome del tipo /RESET perché ciò non è consentito. Per ovviare a queste limitazioni sono state previste delle regole aggiuntive per identificare la classe estesa. Gli identificatori estesi devono rispettare queste nuove regole:

- un identificatore esteso è racchiuso da un carattere chiamato di backslash "\";
- un identificatore di questo tipo è case sensitive;
- questa classe di identificatori sono permessi in VHDL-93 ma non in VHDL-87;
- un identificatore esteso è differente da una parola riservata (keyword) o da un identificatore di base;
- tra due backslah, "\", può essere utilizzato qualsiasi sequenza di caratteri in qualsiasi ordine, eccetto l'uso di un altro backslah come parte di un identificatore esteso, esempio per utilizzare l'identificatore BUS:\data bisogna scrivere \BUS:\\data.

Vediamo alcuni esempi di identificatori di questo tipo permessi:
\Input\
\input#1\
\Pst\\nb\

TABELLA 1 – PAROLE RISERVATE IN VHDL

abs	exit	not	severity
access	file	null	shared
after	for	of	signal
alias	function	on	sla
all	generate	open	sll
and	generic	or	sra
architecture	group	others	srl
array	guarded	out	subtype
assert	if	package	then
attribute	impure	port	to
begin	in	postponed	transport
block	inertial	procedure	type
body	inout	process	unaffected
buffer	is	protected	units
bus	label	pure	until
case	library	range	use
component	linkage	record	variable
configuration	literal	register	wait
constant	loop	reject	when
disconnect	map	rem	while
downto	mod	report	with
else	nand	return	xnor
elsif	new	rol	xor
end	next	ror	
entity	nor	select	

COSTANTI E VARIABILI

Le costanti e le variabili sono oggetti che possono contenere dati. La funzione di una variabile è quella di conservare un determinato valore (numerico o booleano), cosa che un segnale, per sua natura non è in grado di fare. Esse sono, da questo punto di vista, l'equivalente delle variabili dei comuni linguaggi di programmazione. L'utilizzo di una variabile non sempre ha senso e viene permesso solo in alcuni ambiti che vedremo in seguito. Le variabili sono oggetti che ricevono un valore che può essere modificato attraverso un istruzione di assegnamento tra variabili. L'utilizzo di una variabile ha senso solo nell'ambito di un algoritmo e quindi è ammesso solo in un'area sequenziale. La dichiarazione in genere si fa nell'area dichiarativa del processo o del sottoprogramma corrispondente. Tuttavia sono ammesse dichiarazioni globali nelle aree dichiarative di entità, architetture e packages che permettono ad una variabile di subire modifiche anche fuori dai confini di una stessa area sequenziale. Questa funzionalità si ottiene con la parola chiave shared. Viceversa, una costante deve essere inizializzata in sede di dichiarazione e il suo valore non può essere modificato successivamente. Le costanti sono utilizzate, di solito, per migliorare la leggibilità del codice o, se si preferisce, della descrizione. Entrambe devono essere dichiarati prima di essere utilizzati. Per dichiarazione si intende la definizione di un oggetto in associazione ad un tipo, il suo nome e il suo valore iniziale. La sintassi da utilizzare per dichiarare una costante è la seguente:

```
constant_declaration ::=
constant nome  {, nome} : tipo_dato [range] [:= espressione] ;
```

Per esempio, con il seguente frammento di codice:

```
constant REG_LEN: integer := 16;
```

si descrive la dichiarazione di una costante intera, di nome REG_LEN e di valore 16.

Vediamo alcuni esempi :

```
constant number_of_bytes :
integer := 4;
constant number_of_bits :
integer := 8 * number_of_bytes;
constant e : real :=
2.718281828;
constant  DELAY1: time := 4 ns;
constant  RISE_TIME, FALL_TIME:
time:= 1 ns;
```

La dichiarazione di una variabile è simile a quella della dichiarazione di una costante:

[shared] variable nome {, nome} : tipo_dato [range] [:= espressione] ;
Anche in questo caso vediamo alcuni esempi:

```
variable CNTR_BIT: bit :=0;
variable VAR1: boolean :=FALSE;
variable SUM: integer range 0 to 256 :=16;
variable STS_BIT: bit_vector (7 downto 0);
```

SIGNAL

I segnali sono oggetti che modellano i canali che trasportano i dati da un componente del sistema ad un altro. I loro valori sono quindi soggetti a cambiare nel tempo (eventualmente con un certo ritardo rispetto ad un evento di riferimento), e possono essere cambiati attraverso un'istruzione di assegnamento tra segnali. Viceversa, qualora il loro valore logico non cambia, allora mantengono il valore precedente. Le dichiarazioni di segnali sono ammesse in tutte le aree dichiarative tranne quelle di funzioni e processi. La sintassi per dichiarare un segnale è:

```
signal nome {, nome} : tipo_dato [range] [:= espressione] ;
```

dove con espressione si indica l'eventuale costrutto di inizializzazione. Un esempio di signal può essere:

```
Signal bus1 : std_logic_vector (31 downto 0);
signal singolo : std_logic;
```

Per esempio, con il seguente frammento di codice:

```
signal A, Z : bit;
```

si descrive la dichiarazione di due segnali di tipo binario, di nome A e Z. Oppure, il successivo esempio descrive invece un assegnamento di un segnale, con un ritardo di 1 ms:

```
SIG_A <= NEW_VALUE after 1 ms;
```

NUMERI

I numeri (o letterali numerici) possono essere espressi in notazione decimale o utilizzando una base numerica tra due e sedici. Il letterale, se include un punto, allora il numero esprime un valore reale, altrimenti rappresenta un intero. I letterali numerici sono definiti come:
decimal_literal ::= integer [. integer] [exponent]
integer ::= digit { [underscore] digit }
exponent ::= E [+] integer | E – integer
perciò le seguenti espressioni sono dei letterali interi (integer):
0
1
45
898
123_456_789
987E6
Mentre questi sono letterali reali (real):
0.0
0.5
12.8
45.9
2.718_28
12.4E-9
Per esprimere un numero in una base differente dalla 10 occorre utilizzare la seguente convenzione:
base#numero# oppure base:numero:

LISTATO 2 - descrizione VHDL di un comparatore a 4 bit

```
– Descrizione VHDL di un comparatore a 4 bit

entity eqcomp is
   port (a, b: in bit_vector (3 downto 0);
   eq, neq : out bit);
end eqcomp;

architecture dataflow of eqcomp is
   signal aux1 : bit;
     begin
          neq <= not aux1; – neq attivo basso
          aux1 <= '1' when (a = b) else '0';
          eq <= aux1;
end dataflow;
```

ESERCIZI

ESERCIZIO 1

Trovate gli identificatori corretti

1UMO16G

2) 77E45

3) AV_A

4) Goto

5) When

Xrate

Fish & Chip

_goofee

Gate-input

My_gate@input

\Input\

\Rst\\as\

Pippo

End

Variable

studio

ESERCIZIO 2

Rappresentate I seguenti numeri

12 in base 2

41 in base 2

88 in base 8

121 in base 16

ESERCIZIO 3

Quale rappresentazione

è accettabile?

2#1010

2#456#

2#101010#

16#10101#

La regola è così definita:
based_literal ::= base # based_integer [. based_integer] # [exponent]
base ::= integer
based_integer ::= extended_digit { [underscore] extended_digit }
extended_digit ::= digit | letter
La base può anche non essere espressa, allora il numero viene espresso secondo la notazione decimale. L'esponente indica la potenza della base per la quale il letterale numerico deve essere moltiplicato. Si può usare la notazione scientifica con la mantissa alla sinistra del carattere 'E' e l'esponente a destra. La lettera da A a F (non importa se espressi in maiuscolo o minuscolo) sono usati come extended digits per rappresentare i numeri da 10 a 15. Vediamo alcuni esempi:

Base 2: 2#10010#
(rappresenta il numero decimale "18")
Base 16: 16#12#
Base 8: 8#22#
Base 2: 2#11101#
(rappresenta il numero decimale "29")
Base 16: 16#1D#
Base 8: 8#35#

Per aumentare la leggibilità del codice è possibile inserire degli spazi sottolineati che fungono da separatori, ma non è consentito inserirli all'inizio. In questo modo:

2#1001_1101_1100_0010#
215_123

Un valore fisico rappresenta una misura di una grandezza fisica espressa come un numero intero seguito da un'unità di misura.

ALIAS

L'aliases è un modo alternativo di riferirsi ad un oggetto esistente. Gli alias si rilevano molto utili per accedere a determinate porzioni di un vettore, come visibile dagli esempi seguenti:

```
signal stored_ad: std_logic_vector
                    (31 downto 0);
aliases top_ad : std_logic_vector
(3 downto 0) is stored_ad
                   (31 downto 28);
signal instruction : BIT_VECTOR
                    (15 downto 0);
alias opcode : BIT_VECTOR
(7 downto 0) is instruction
                    (15 downto 8);
alias data : BIT_VECTOR
(7 downto 0) is instruction
                     (7 downto 0);
```

CODICE MIP 2756711

CODICE MIP 2752799

CODICE MIP 2760868

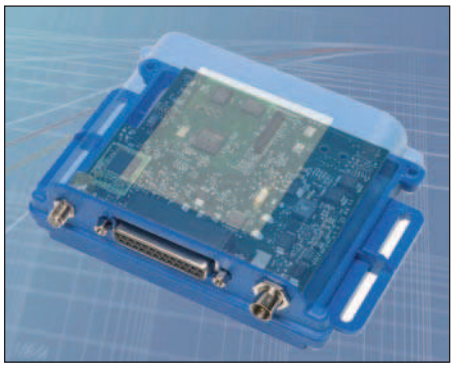
Comparatori High Speed

Microchip annuncia la famiglia MCP6561/2/4/6/7/9 di comparatori ad alta velocità con ingresso ed uscita rail-to-rail, uscite push-pull open drain e corrente di riposo ridotta. Caratterizzati da una velocità operativa di 45ns, da alte prestazioni e bassi consumi, questi dispositivi sono adatti a un'ampia gamma di applicazioni. La tensione di alimentazione di 1,8V e la corrente di riposo pari a 100µA rendono i comparatori MCP656X ideali per dispositivi alimentati a batterie. Per il progetto e l'analisi di vari circuiti analogici usati nella gestione dell'alimentazione e nelle applicazioni lineari, è disponibile online il Tool di Simulazione gratuito Mindi all'indirizzo www.microchip.com/mindi.

CODICE MIP 2764105

Sviluppare in GPS/GSM/GPRS

Vincotech presenta la piattaforma A1074 per sviluppare applicazioni GPS/GSM/GPRS secondo le richieste di clienti con particolari esigenze di consumi e dimensioni. Disponibile in diverse configurazioni, utilizza un GPS receiver SiRFstarIII, un modem quad-band GSM/GPRS e una MCU ARM rendendo disponibili IO digitali, una porta seriale, interfaccia 1-wire e interfaccia CAN. Sebbene non siano offerte da Vincotech applicazioni complete ma solamente strumenti come boot loader e flash tool, il supporto rappresentato dalle librerie software permette un semplice sviluppo di applicazioni personalizzate.



CODICE MIP 2764107

STARTER KIT PER **COMexpress**

MSC Vertriebs GmbH presenta uno starter kit completo per la propria piattaforma CXB-A945M COM Express™ basata su processore Intel® Atom™ che combina il basso consumo del processore alla espandibilità degli I/O e alla grafica eccellente del chipset Intel® 82945GME/ICH7. Oltre al modulo CXB-A945M, il kit comprende la piattaforma industriale MSC CX-MB-IP1, una versione Linux Ubuntu sul pen-drive in dotazione, i driver per Windows® XP Embedded ed è disponibile anche con display TFT a 15". MSC CX-MB-IP1 offre diverse interfacce per applicazioni industriali oltre a porte USB 2.0, interfaccia GBit LAN e due connettori 9-pin per trasmissioni seriali oltre a interfacce VGA e DVI.

CODICE MIP 2764109

DA FLUKE UNA NUOVA TERMOCAMERA ENTRY-LEVEL

Fluke, leader mondiale nella produzione di strumenti di misura compatti e professionali, presenta una nuova e robusta termocamera con la migliore qualità d'immagine della sua categoria. La risoluzione da 160 x 120 pixel (tre volte maggiore rispetto alle termocamere della stessa fascia di prezzo) indica con buona precisione i dettagli essenziali. La termocamera Fluke Ti9 elabora immagini termiche precise ed è disponibile ad un costo accessibile a numerosi elettricisti e installatori di impianti industriali. La termocamera è dotata di un

ampio display a cristalli liquidi a colori grazie al quale è possibile visualizzare ogni minimo dettaglio. Gli utenti, per catturare l'immagine, devono solo puntare lo strumento verso il punto di interesse, mettere a fuoco e scattare. In questo modo si risparmia tempo prezioso poiché l'ispezione, la riparazione ed il collaudo delle apparecchiature elettriche ed (elettro)meccaniche vengono eseguiti più velocemente.

CODICE MIP 2764111

MICRO
ELETTRONICA
FORTRONIC

22A EDIZIONE
1-3 Ottobre 2009
FIERA DI VICENZA

IL PUNTO d'INCONTRO
dell'ELETTRONICA INDUSTRIALE

SÍ RIPRENDE INSIEME

CODICE MIP 2764084

FIERA DI VICENZA

TECNO IMPRESE
Via Console Flaminio 19 - 20134 Milano
Tel 02 210.111.1 • Fax 02 210111222
www.tecnoimprese.it

Banca Popolare di Vicenza
Sponsor Ufficiale Fiera di Vicenza

ANIE FEDERAZIONE
CONFINDUSTRIA
assodel

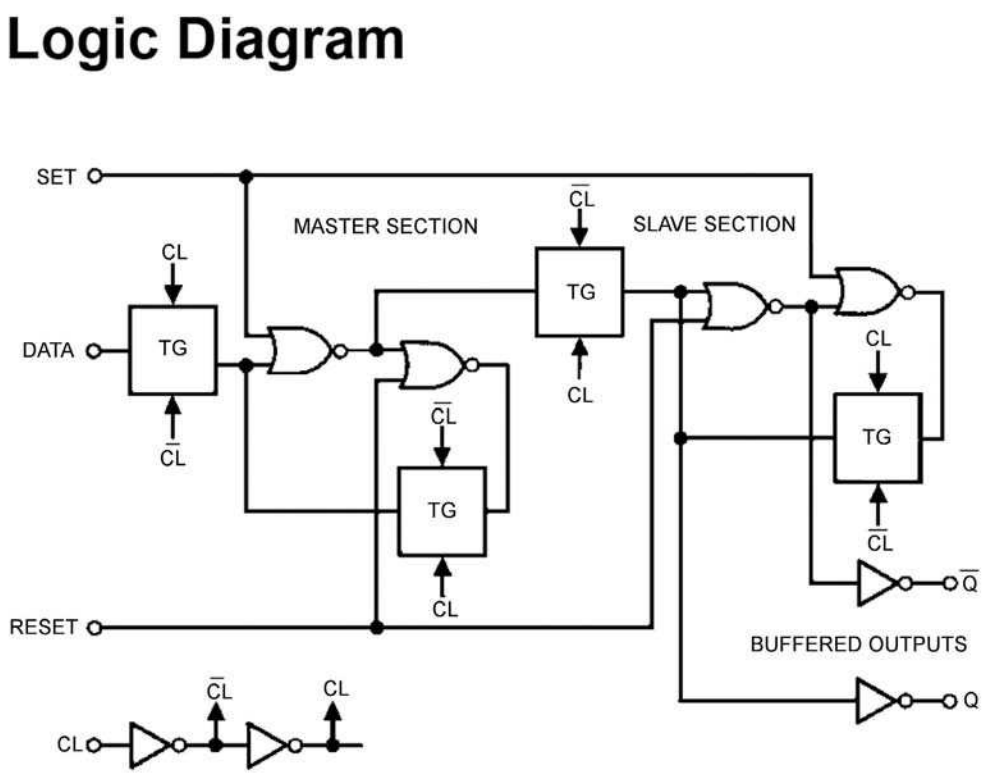
www.fortronic.it
www.microelettronicafiera.it

di ANDREA MESSORI

4013 SARA' versatile?

In questo articolo spiegheremo cos'è e come si usa un 4013, un integrato Flip Flop tipo D che può essere utilizzato per vari scopi. Qualche spunto per partire e non ci saranno più segreti!

Molte sigle sono state scritte sopra questi integrati ma il "cuore", ovvero la parte interna della sigla, è sempre la stessa: 4013. Tanto per fare un esempio, On Semiconductor, utilizza la sigla MC14013B. Non fatevi ingannare dall'uno. Non serve a noi. Parliamo proprio della versione di questo produttore. Innanzitutto, questo integrato racchiude in un unico package due flip-flop di tipo D. Non sto a dilungarmi sulle varie famiglie di flip-flop in quanto qualcuno prima di me ne ha dato esauriente spiegazione su questa rivista qualche mese fa. Cominciamo con la spiegazione dei pin, partendo dall'alimentazione che va da 3V a 18V tra i piedini 14 e 7 rispettivamente positivo e negativo; dopodichè troviamo C, D, S, R, e le uscite Q e Q negata. Il pinout è in **figura 1**. C sta per clock, D sta per data. Questi ingressi funzionano insieme, nel senso che in base al valore di tensione su D, cambia lo stato delle uscite ad ogni fronte di salita sull'ingresso C. S sta per set, R per reset; anche questi due ingressi lavorano insieme. Qui a fronte di un impulso positivo su S cambia lo stato delle uscite, a fronte di un impulso positivo sul R, ritorna lo stato originale delle uscite. Per quanto concerne le uscite, all'alimentazione dell'integrato, Q è a massa, Q negata ha valore dell'alimentazione pertanto, al cambiamento dello stato delle uscite Q va al positivo e Q negata a massa. Questo integrato non nasce per un uso specifico come nel caso del 4017. Da qui, deriva la sua versatilità!



La struttura del 4013.

DIVISORE X2 E DIVISORE X4

Quindi, partiamo in quarta e... "spariamo schemini a raffica!". Il primo, è un divisore x2 visibile in **figura 2**. S ed R non vengono utilizzati, pertanto li mettiamo a massa. Q negata viene riportata a D, C prende il clock da una sorgente esterna e Q è la nostra uscita. All'accensione,

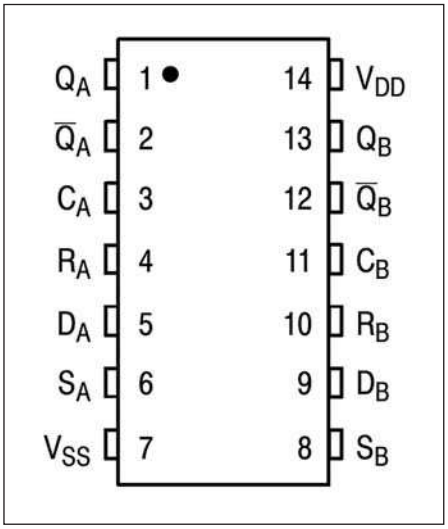


Figura 1: pinout.

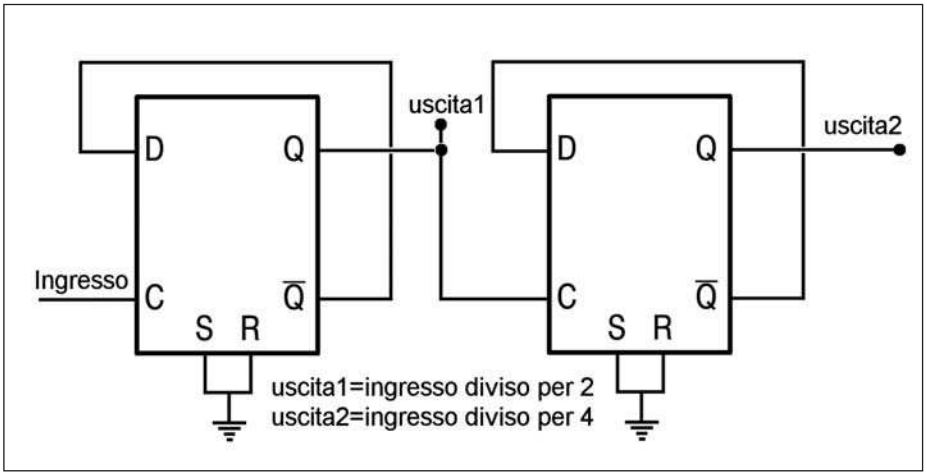


Figura 2: divisore x2 e x4.

grazie alla retroazione di Q negata, abbiamo un valore positivo su D e quindi con un fronte di salita su C abbiamo il cambio di stato delle uscite; a questo punto Q negata ha valore zero ergo, con un altro fronte di salita su C ricambia lo stato delle uscite e si ricomincia. Da questo punto passare ad un divisore x4 non passa niente: basta inserire in serie il secondo FF contenuto nel package con la stessa configurazione. La frequenza in ingresso può arrivare fino a 8Mhz. Questo divisore (x2) ci porta subito ad utilizzo più avanzato senza cambiare niente, proprio perché nessuno ci vieta di usare anche Q negata; così utilizzato diventa un doppio oscillatore in controfase con duty-cycle al 50%. Utilizzando in parallelo i due FF con questa configurazione ed alimentando l'integrato a 15V, possiamo arrivare ad avere circa 20mA di corrente in uscita.
Così facendo arriviamo al primo progettino vero, ovvero, un piccolo inverter di bassa potenza.

INVERTER DA 50VA

Utilizzando infatti due mosfet sulle uscite in parallelo andiamo a pilotare direttamente il gate dei due mosfet di potenza che colleghiamo al secondario di un trasformatore 220-12-0-12 50VA. Il circuito è visibile in **figura 3**. Per semplicità è stato inserito un solo FF. La frequenza in ingresso deve essere di

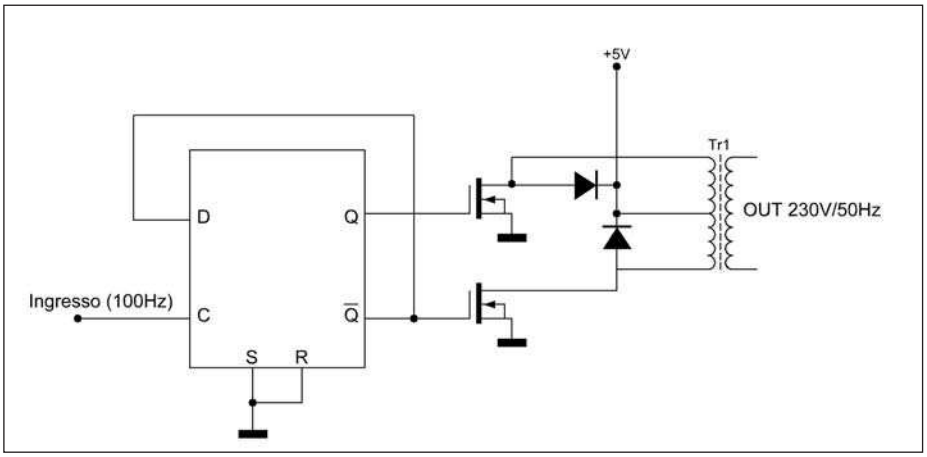


Figura 3: inverter 50VA.

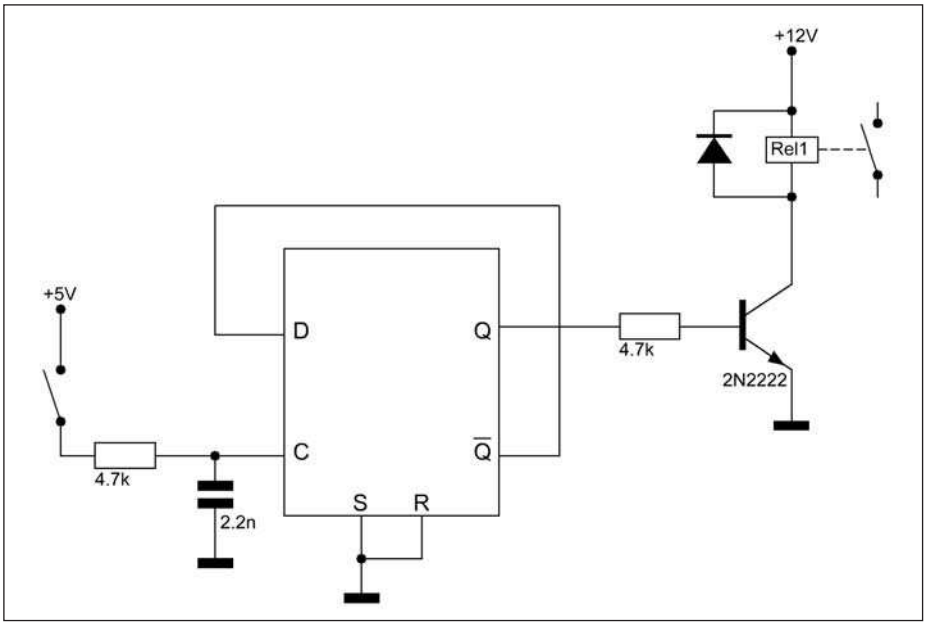


Figura 4: Relè statico.

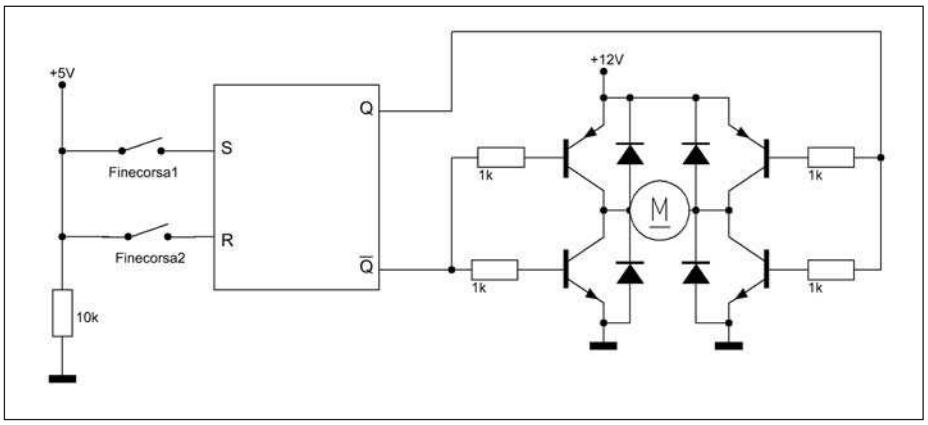


Figura 5: utilizzo degli ingressi Set e Reset.

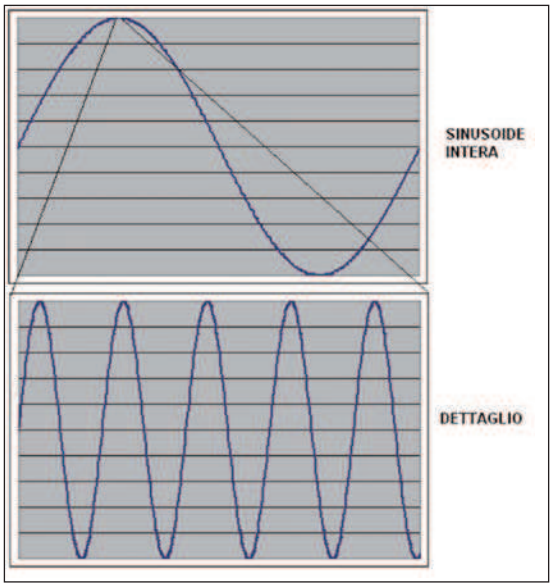


Figura 6: autoscillazione.

100Hz perché, come abbiamo detto prima, la frequenza in uscita sarà dimezzata. Il primario del trasformatore "vedrà" un pilotaggio ad onda quadra ma in uscita si troverà un'onda sinusoidale. E' importante che nel momento in cui diamo l'alimentazione al 4013 l'oscillatore collegato all'ingresso sia già funzionante in quanto senza alcun fronte di salita sull'ingresso l'uscita Q è a massa e quindi cortocircuiterebbe il trasformatore distruggendolo e distruggendo anche il mosfet. Sarà necessario quindi prevedere un circuito di ritardo di alimentazione dell'integrato. I diodi che dal drain dei mosfet vanno al positivo devono essere di tipo fast recovery per evitare di danneggiare il mosfet. Con la stessa configurazione possiamo decidere di pilotare un half bridge driver usando un solo FF. Ma non fermiamoci qui.

RELE' STATICO

Sull'ingresso possiamo non mettere una frequenza fissa ma possiamo usare un interruttore, con la sua interfaccia anti-rimbalzo per comandare un relè e farlo diventare, quindi, statico. Il circuito è visibile in **figura 4**. In questo modo un impulso in ingresso farà eccitare il relè mantenendolo eccitato fino al prossimo impulso. Anche qui il diodo di recovery deve essere di tipo fast per evitare di danneggiare il transistor, perché, ricordiamo, quando in un carico induttivo passa una corrente, tale bobina si "carica" dal punto di vista elettromagnetico e nel momento in cui la corrente cessa di scorrere, la carica elettromagnetica cambia di segno e scorre in senso contrario, pertanto, senza il diodo, il transistor vedrebbe una tensione contraria danneggiandosi.

IL SET ED IL RESET

In **figura 5** c'è una leggera variante di questo circuito che utilizza gli ingressi Set e Reset. Lo stato degli ingressi C e D non importa. La variazione sta sostanzialmente nel fatto che sono necessari due interruttori per lo scambio delle uscite. Tralasciando ogni qualsivoglia utilizzo o tipo di interruttori, propongo una versione piuttosto standard di questo tipo di utilizzo, ossia, il tavolo di una fresa che può muoversi automaticamente a destra e a sinistra, con due fine-corsa (gli interruttori) impostabili. Ogni volta che il tavolo raggiunge il fine-corsa, chiude il contatto cambiando la direzione del motore. In questo caso, l'interfaccia anti-rimbalzo non è necessaria in quanto più commutazioni veloci sullo stesso ingresso non cambiano lo stato delle uscite. Ricordo che nel caso di utilizzo di questi ingressi, qualora dovesse verificarsi il coincidente stato alto degli ingressi, entrambe le uscite andranno in stato alto mandando in corto il ponte. Il ponte, così come presentato, farà girare il motore in un senso o nell'altro, al massimo della velocità; è, pertanto, buona norma tenere presente che il cambiamento di stato delle uscite è immediato, quindi se utilizziamo il motore a vuoto, l'inerzia del rotore manderebbe momentaneamente in corto il transistor, sempre per lo stesso motivo spiegato poco fa, ovvero, la tensione contraria che si crea al momento dello stacco dell'energia necessaria al movimento, si scarica verso massa attraverso il transistor che è appena andato in saturazione, distruggendolo. Allo stesso modo, dobbiamo prevedere che anche l'ipotetico tavolo della fresa non deve avere inerzia. I transistor utilizzati per il ponte, possono essere normali BDX53 e BDX54 o qualsiasi coppia di transistor darlington. Fate i vostri conti con le portate del motore che andrete ad utilizzare, facendo attenzione alla corrente che devono sopportare i transistor. In tutti i circuiti, ho tralasciato di visualizzare l'alimentazione all'integrato che, chiaramente, ci deve essere e che dovrebbe avere sempre il suo buon condensatore da 100nF poliestere tra positivo e negativo per evitare le autooscillazioni. Regola valida per TUTTI gli integrati. A questo proposito, vi porto una personale esperienza con un oscillatore sinusoidale con operazionale. Il circuito funzionava correttamente ma l'onda prodotta, visualizzata sull'oscilloscopio, era come evidenziata. Allargando e ingrandendo il dettaglio dell'onda si vedeva un'altra onda sinusoidale che correva sopra all'altra. Questa onda in più era proprio l'autooscillazione indesiderata che è sparita appena messo il condensatore. ❑

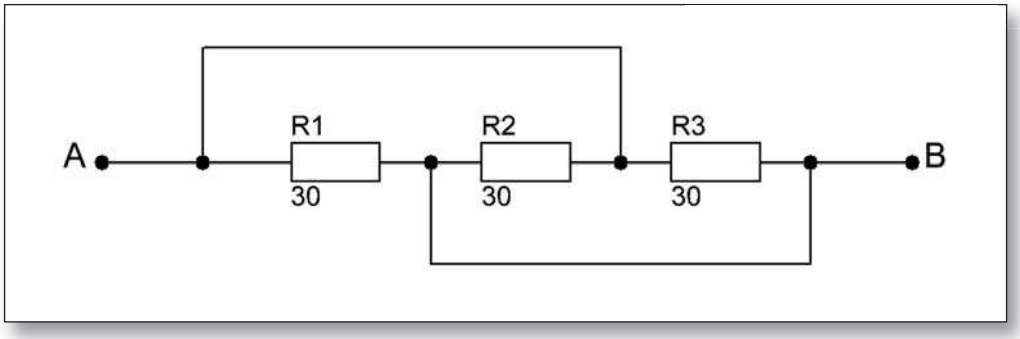
CODICE MIP 2756699

elettro quiz 287

rispondi & vinci

Le risposte ai quiz "Base" e "Avanzato" vanno inviate esclusivamente compilando il modulo su www.farelettronica.com/eq specificando la parola chiave ***"elettrolita"****.*

Le risposte ed i vincitori (previa autorizzazione) sono pubblicati alla pagina www.farelettronica.com/eq a partire dal 15 del mese successivo alla pubblicazione sulla rivista. A tutti i partecipanti verrà assegnato un buono sconto del 10% (validità 3 mesi dalla data di assegnazione) utilizzabile per un prossimo acquisto su www.ieshop.it

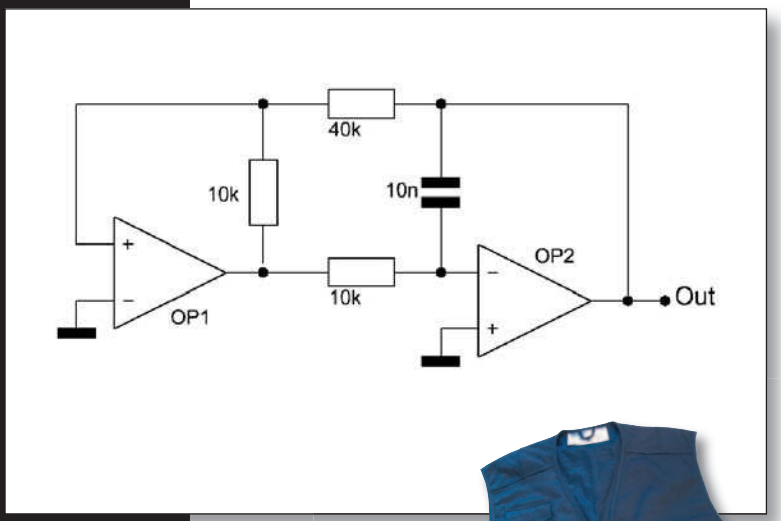


base

Tre resistenze da 30 Ohm vengono collegate come mostrato in figura. Quale sarà il valore della resistenza equivalente tra i punti A e B?

a - 90 Ohm *b - 0 Ohm*
c - 60 Ohm *d - 10 Ohm*

Se rispondi correttamente potrai vincere il simpatico portachiavi di Fare Elettronica.



avanzato

Collegando un oscilloscopio all'uscita del circuito di figura, che tipo di segnale verrà visualizzato?

a - Un'onda quadra di frequenza 1KHz
b - Un'onda triangolare di frequenza 10KHz
c - Un'onda quadra di frequenza 10KHz
d - Un'onda triangolare di frequenza 1KHzfrequenza 1KHz.

Per i più bravi in palio il gilet "Reporter" di Fare Elettronica.

di GIOVANNI DI MARIA

I TERREMOTI E l'elettronica

Figura 1: la distruzione causata da un terremoto.

Figura 2: le onde P.

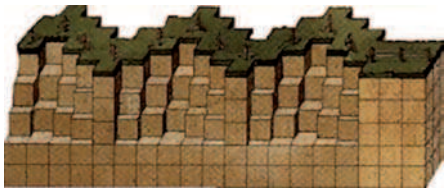


Figura 3: le onde S.

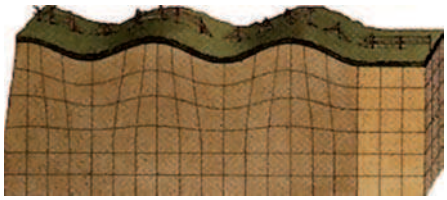


Figura 4: le onde L.

Come può essere d'aiuto l'elettronica nella misurazione dei terremoti? E' possibile realizzare una stazione sismica affrontando una piccola spesa? Suggerimenti e proposte per allestire facilmente le apparecchiature per il monitoraggio dei terremoti

I terremoti sono movimenti improvvisi e violenti della crosta terrestre che si verificano dopo una enorme liberazione di energia all'ipocentro.
Da questo punto una serie di onde sismiche si diffondono in tutte le direzioni. I terremoti avvengono perché la superficie terrestre è in lento ma costante movimento ed essi si verificano quando la tensione di compressione eccede la capacità del materiale roccioso di sopportarla. I terremoti che si verificano ogni giorno sulla Terra sono migliaia, ma solo pochi di essi riescono ad essere distruttivi. La durata media di una scossa è di pochi secondi.

LE ONDE SISMICHE

Le onde elastiche (o sismiche) si distinguono in:

Onde longitudinali o di compressione (P)

Le onde P fanno oscillare la roccia avanti e indietro, nella stessa direzione di propagazione dell'onda. Poiché le onde P si propagano più rapidamente, sono anche le prime (P = Primarie) a raggiungere i sismografi, e quindi ad essere registrate dai sismografi. Nella crosta terrestre tali onde viaggiano ad una velocità di circa 10 km al secondo.

Onde di taglio o trasversali (S)

Le onde S (secondarie) spostano la roccia perpendicolarmente alla loro direzione di propagazione. Esse sono più lente delle onde P, viaggiando nella crosta terrestre con una velocità compresa fra 2,3 e 4,6 km/s. Le onde S non possono pro-

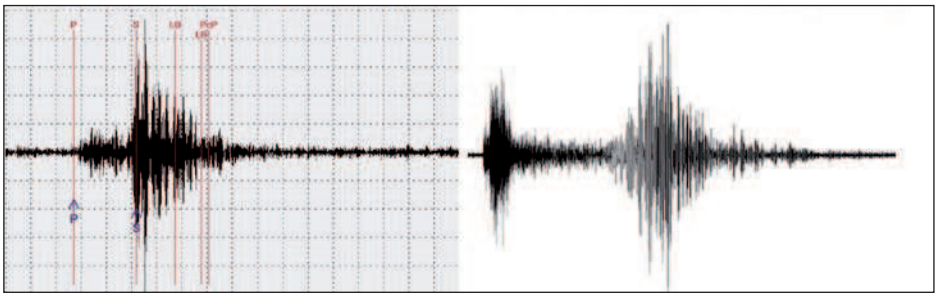


Figura 5: esempi di sismogrammi.

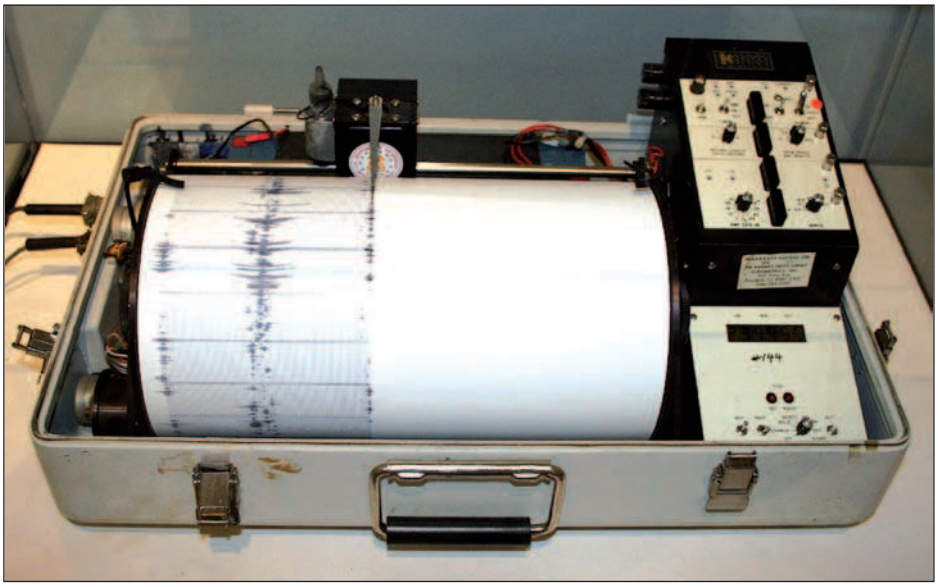


Figura 6: sismogramma stampato con un sismografo professionale.

Figura 7: rete di sismografi.

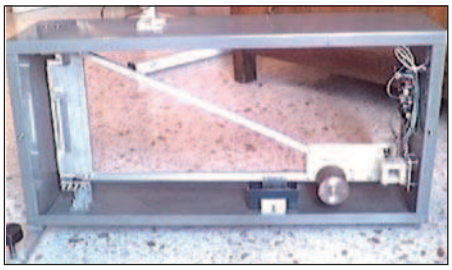


Figura 8: sismografo orizzontale.

Figura 9: geofono.

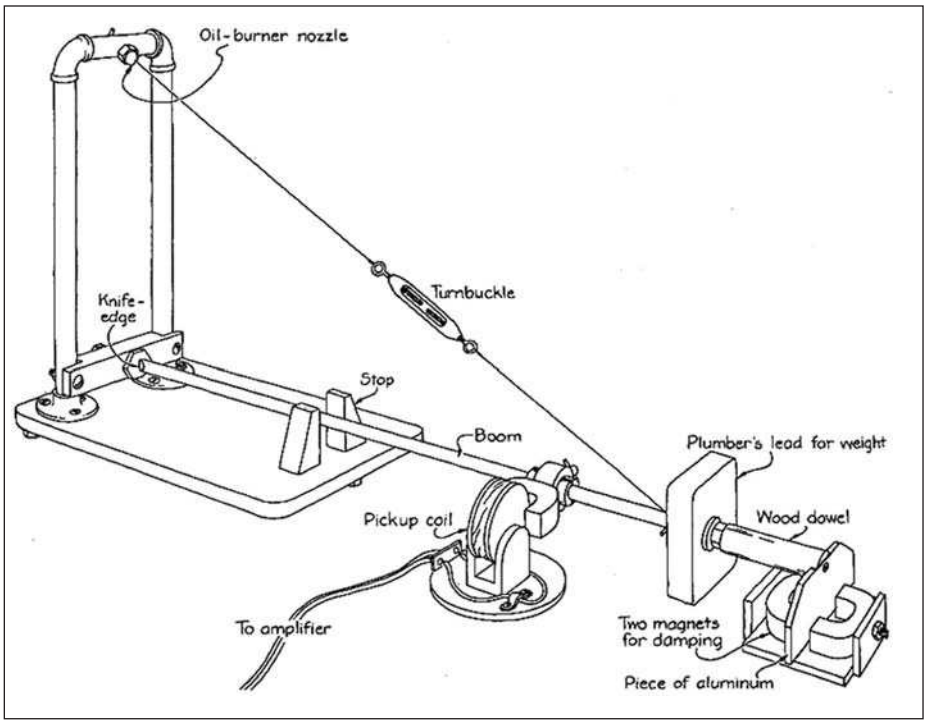


Figura 10: sismografo a lungo periodo Lehman.

pagarsi attraverso i fluidi perché questi non oppongono resistenza al taglio.

Onde superficiali (R e L)

Le onde superficiali non si manifestano nell'epicentro, ma solo ad una certa distanza da questo. Tali onde sono il frutto del combinarsi delle onde P e delle onde S, e sono perciò molto complesse. Le onde superficiali sono quelle che provocano i maggiori danni. Le onde di Rayleigh, dette anche onde R, muovono le particelle secondo orbite ellittiche in un piano verticale lungo la direzione di propagazione, come avviene per le onde in acqua. Le onde di Love, dette anche onde L, muovono invece le particelle trasversalmente alla direzione di propagazione (come le onde S), ma solo sul piano orizzontale.

IL SISMOGRAMMA

Il sismogramma è un grafico prodotto della registrazione fatta da un sismografo. Esso rappresenta lo spostamento, la velocità o l'accelerazione del suolo in funzione del tempo. Sui sismogrammi è possibile effettuare molte misure. Studiando le onde P e S, è possibile risalire alla posizione della sorgente sismica. Dall'ampiezza e dalla durata del grafico, si può stimare la magnitudo. Dall'analisi delle diverse fasi

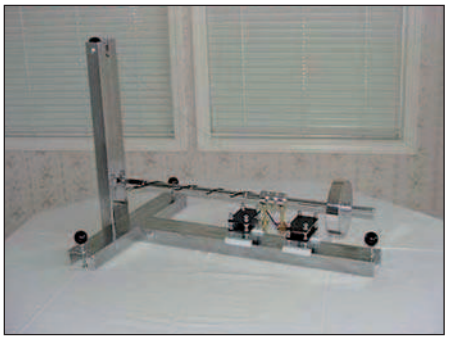


Figura 11: sismografo a lungo periodo.

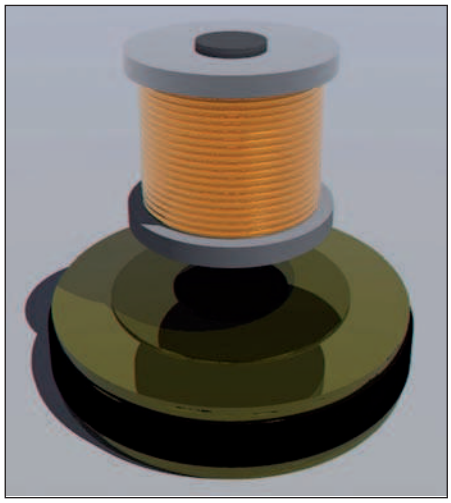


Figura 12: l'accoppiata magnete-bobina costituisce un ottimo punto di partenza per la realizzazione di un geofono.

sismiche, si può determinare la profondità delle principali discontinuità attraversate dalle onde durante la propagazione all'interno del pianeta. Il sismogramma rappresenta la registrazione nel tempo del moto del suolo durante i terremoti, ed è prodotto in forma di tracciato su carta, oppure in forma digitale mediante rappresentazioni grafiche al computer.

IL CONTRIBUTO DELL'ELETTRONICA

Tutti gli eventi fisico e chimici che si verificano sul nostro globo sono esaminati e studiati utilizzando l'elettronica. I motivi di ciò sono da ricondursi alle seguenti possibilità di agevolazione:

- Precisione;
- Velocità di analisi;
- Possibilità di salvataggio dati;
- Automatismi;
- Possibilità di amplificare enormemente i dati.

Dal momento che un terremoto può essere monitorato da qualsiasi parte del mondo, rispetto al suo punto epicentrale, è chiaro che l'elettronica riesce a dare il massimo dell'aiuto quando i segnali sono particolarmente deboli. Si può infatti assimilare la ricezione delle onde sismiche a

quella delle onde radio. Più queste onde sono deboli e distanti, più il segnale ricevuto è debole e maggiore deve essere l'amplificazione sugli stessi. Il monitoraggio consiste appunto nell'esaminare le caratteristiche intrinseche del segnale sismico ricevuto. Per l'ottimale osservazione dei dati si dovrebbero seguire le seguenti fasi:

- Acquisizione;
- Preamplificazione;
- Filtraggio dalle alte frequenze;
- Amplificazione;
- Conversione A/D;
- Elaborazione;
- Visualizzazione e stampa;
- Memorizzazione.

GLI STRUMENTI PER IL MONITORAGGIO

Il sismografo è lo strumento più adatto per monitorare e registrare le onde sismiche. Anticamente i simografi erano meccanici, costituiti essenzialmente da una serie di leve, che amplificavano i movimenti impercettibili della vibrazione, e da pesi e masse notevoli. Oggi tali strumenti sono essenzialmente basati sull'elettronica.
A seconda del tipo di evento che si vuol osservare e, soprattutto, della sua distanza, possiamo distinguere i seguenti tipi di sismografi:

- Strong motion, per eventi locali molto forti;
- Geofono, per la registrazione degli eventi locali;
- Sismografo verticale a corto periodo, per eventi a piccola e media distanza;
- Sismografo orizzontale a corto periodo, per eventi a piccola e media distanza;
- Sismografo orizzontale a lungo periodo, per eventi a lunga distanza.

IL PENDOLO

Uno dei migliori metodi per accorgersi della presenza di un movimento del suolo è il pendolo. E questo vale sia per gli strumenti meccanici che elettronici. Se la massa è sufficientemente, in caso di sisma essa resterà ferma, almeno nei primi istanti, per via della sua forza di inerzia. L'oscillazione è solo un effetto successivo. A che velocità deve oscillare un pendolo per essere il più sensibile possibile? Qui ci viene d'aiuto la fisica. La velocità di oscillazione di un pendolo innanzitutto è costante se si cambia il peso alla base. Ciò vuol dire che se il peso è di 1 Kg oppure di 2500 Kg il *periodo* è sempre lo stesso, cioè il tempo che il pendolo impiega per oscillare è sempre uguale. Cos'è allora che fa variare la velocità di oscillazione? Naturalmente l'altro parametro, cioè la lunghezza del pendolo, ossia la *corda* che va dal fulcro al baricentro del peso. Più lunga è, più l'oscillazione sarà lenta. Detta in termini più matematici, il tempo che il pendolo compie per effettuare una oscillazione completa (andata e ritorno) si chiama periodo (T) e si indica in secondi. Il numero di oscillazioni complete effettuate in un secondo (s) si chiama frequenza e si indica con Hertz (Hz). Sono due grandezze inversamente proporzionali, anzi, l'una è il reciproco dell'altra. Per conoscere il periodo T di un pendolo si utilizza la seguente formula:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{9.81}}$$

Sono calcoli matematici indispensabili se si vuole intraprendere la conoscenza dei terremoti. A seconda dei tipi di terremoti e delle loro distanze che si vogliono misurare occorre usare pendoli di diversa lunghezza, poiché, come regola fondamentale, i terremoti più lontani hanno una frequenza più bassa di quelli locali. Occorre quindi creare un pendolo la cui frequenza naturale di oscillazione sia il più possibile vicina a quella del terremoto da misurare (risonanza). Solo in queste condizioni vi sarà la più alta sensibilità e affidabilità all'evento.

TIPI DI SENSORI

Il movimento della crosta terrestre, sul luogo del terremoto, può causare parecchi centimetri di spostamento. Ma lo stesso evento, visto a grande distanza, provoca un movimento infinitesimale di alcuni micron (milionesimo di metro). Per rilevare dunque questi impercettibili movimenti occorre adottare, oltre naturalmente ad una grande amplificazione del segnale, diverse strategie per l'acquisizione del segnale, mediante sensori vari. Secondo il tipo di metodologia utilizzata, essi possono essere così classificati:

- Sensori magnetici;
- Sensori ad effetto di Hall;
- Sensore di radiazione luminosa;
- Sensori capacitivi;
- Sensori induttivi.

IL GEOFONO

Il geofono, utilizzato in geologia è un sensore atto a rilevare movimenti del suolo o onde sismiche di frequenza acustica. L'elemento sensibile è simile ad un microfono, capace però di rilevare frequenze molto basse, anche di pochi Hertz. L'uso tipico è nella rilevazione di fenomeni naturali o, più frequentemente, nella prospezione geofisica: in questa applicazione viene provocata una esplosione controllata ed analizzata la risposta dei geofoni alle onde di pressione. Con questo metodo possono essere tracciate mappe sismiche utili a determinare le variazioni di densità del terreno sino ad elevata profondità. Il geofono, normalmente utilizzato per lo studio del sottosuolo con l'uso di tecniche a rifrazione, può essere usato anche per la sismologia amatoriale. Data la sua predisposizione ad oscillare su frequenze abbastanza elevate è utilizzabile solo per l'analisi della sismicità locale.

SISMOGRAFO A LUNGO PERIODO

Per registrare e captare gli eventi sismici distanti si devono adoperare i sismografi a "lungo periodo" (con frequenze di risonanza al di sotto di 0,1 Hz). Un esempio è costituito dal sismografo Lehman, che è in grado di rivelare terremoti di modesta magnitudo che si verificano a migliaia di chilometri di distanza. La fase relativa alla trasduzione del segnale è naturalmente affidata all'elettronica.

CONCLUSIONI

Prossimamente su Fare Elettronica, troverete il progetto completo per la realizzazione di un semplice geofono, corredato di sensore, unità di amplificazione e di filtro, di digitalizzatore A/D e naturalmente della parte "intelligente" preposta alla visualizzazione e alla memorizzazione dei dati. ❑

CODICE MIP 2763970

di REMO RIGLIONI (IZ0OPG)

SUPERETERODINA *per la banda* CB

Costruiamo una semplice supereterodina "quarzata" per ricevere la banda CB. Un paio di transistor, un quarzo qualche altro componente e il gioco è fatto!

Molti ragazzi che iniziano l'hobby della radio spesso lo fanno partendo da una delle bande storiche delle HF, ovvero la banda CB(Citizen Band). In questa gamma di frequenze che va dai 26,965 a 27,405 Mhz, che il mistero delle telecomunicazioni ha assegnato all'uso privato è possibile ascoltare le trasmissioni che avvengono in modulazione d'ampiezza (AM), di frequenza (FM) e in banda laterale singola (SSB) con potenze non superiori ai 4 Watt. Considerando che si tratta un di sistema di comunicazione deregolamentato, gli operatori di queste frequenze sono i più disparati e per attivare una stazione non è richiesta un'apposita licenza (come per i radioamatori) ma è sufficiente avere una semplice autorizzazione dal ministero e acquistare un ricetrasmettitore omologato. Quello proposto in questo articolo è un semplice ricevitore per trasmissioni a modulazione d'ampiezza da utilizzare come monitor di stazione o più semplicemente per iniziare ad ascoltare chi trasmette su queste frequenze nel vostro quartiere.

LA SUPERETERODINA

Per chi da poco si è avvicinato al mondo della radio, in **figura 1** può vedere come si articola un ricevitore supereterodina a singola conversione. Sostanzialmente questo tipo di ricevitori basano il principio di funzionamento sul fatto che è molto più semplice filtrare ed amplificare un segnale a frequenza relativamente bassa, piuttosto che agire direttamente sul segnale ad alta frequenza ricevuto in antenna. In pratica quello che succede è che il segnale ricevuto viene convertito ad una frequenza più bassa, miscelando in un dispositivo detto mixer il segnale ricevuto con quello prodotto da un oscillatore locale e filtrando in uscita dal mixer il segnale con frequenza pari alla differenza tra il segnale ricevuto e quello prodotto dall'oscillatore locale. Lo stadio deputato ad amplificare il segnale convertito, prende il nome di stadio a media frequenza e normalmente, per semplici ricevitori, tale stadio lavora sulla frequenza di 455 Khz. Alla fine di questa catena troviamo il classico diodo rilevatore che estrapola il segnale audio che sarà poi avviato all'amplificatore di potenza per la riproduzione in alto-

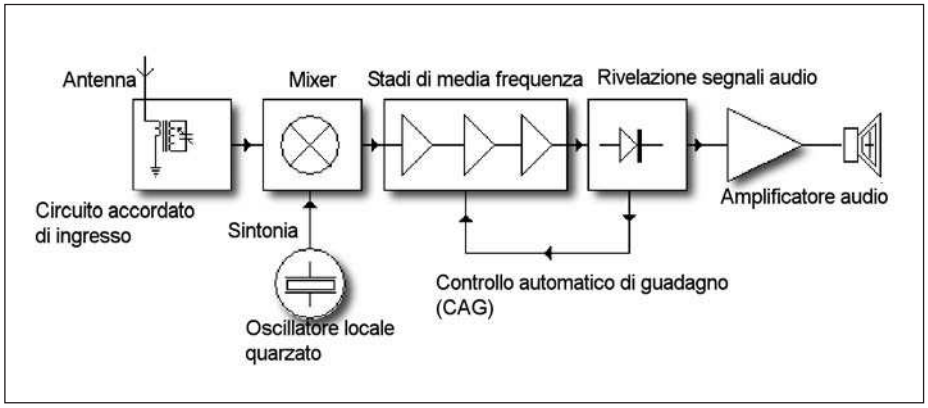


Figura 1: schema a blocchi di una supereterodina.

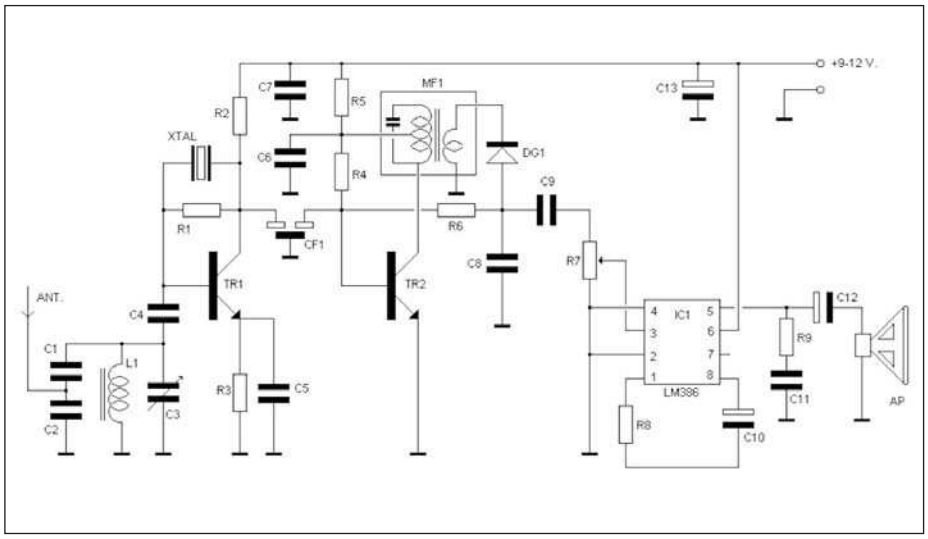


Figura 2: schema elettrico del ricevitore.

LISTA COMPONENTI

R1	470 Kohm ¼ w	C1	22 pf 63V. Cer.	C13	22 µf 25V. Elettr.
R2	1 Kohm ¼ w.	C2	22 pf 63V. Cer.	CF1	Filtro cer. 455 Khz
R3	220 ohm ¼ w	C3	10-40 pf Comp.	MF1	AM3 nucleo nero
R4	100 Kohm ¼ w	C4	22 pf 63V. Cer.	L1	Imp. Da 1µH
R5	220 ohm ¼ w	C5	560 pf 63V. Cer.	TR1	2N706A o equiv.
R6	47 Kohm ¼ w	C6	100 nf 63V. Cer.	TR2	2N706A o equiv.
R7	10 Kohm pot. Log.	C7	100 nf 63V. Cer.	DG	AA137 o equiv.
R8	120 ohm ¼ w	C8	4.7 nf 63V. Cer.	IC1	LM 386
R9	10 ohm ¼ w	C9	220 nf 63V. Cer.	XTAL	Quarzo canale CB
		C10	10 µf 25V. Elettr.		
		C11	47 nf 63V. Cer.		
		C12	100 µf 25V. Elettr.		

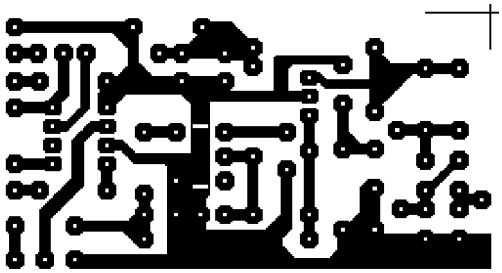


Figura 3: il circuito stampato.

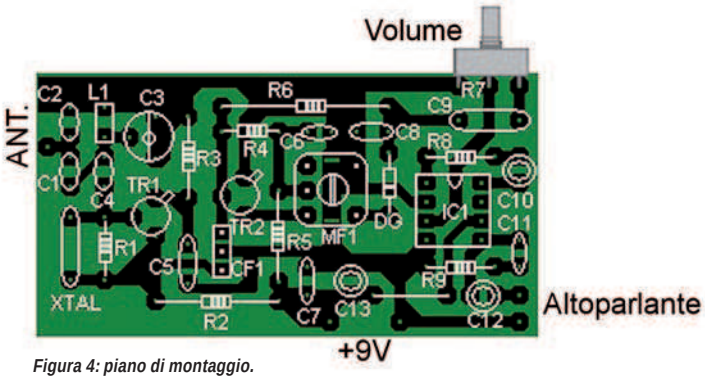
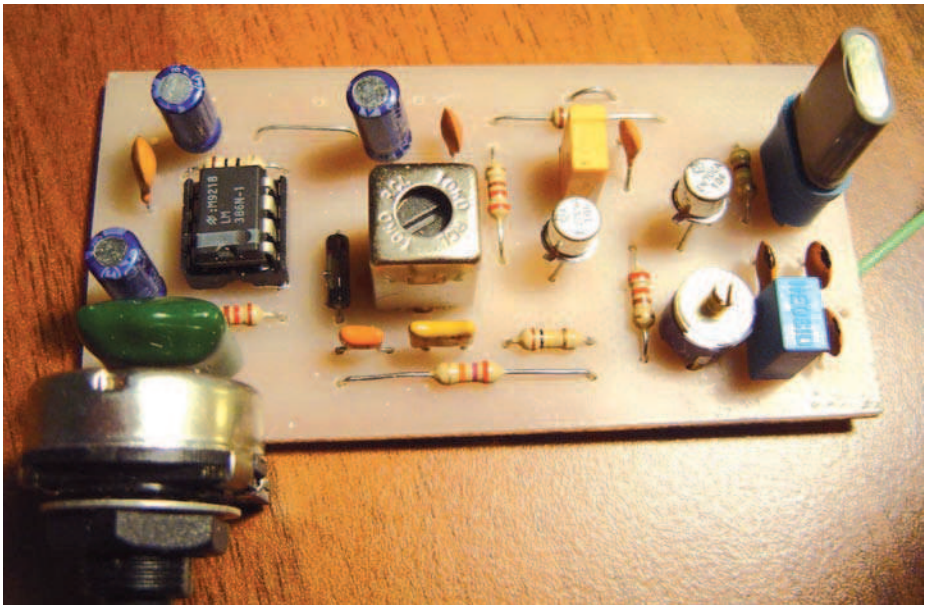


Figura 4: piano di montaggio.



parlante. Il circuito è completato da un "loop" chiamato controllo automatico del guadagno, che ha il compito di regolare il grado di amplificazione dello stadio a media frequenza in funzione dell'intensità del segnale ricevuto, evitando così che in caso di forti segnali, gli amplificatori vadano in saturazione.

SCHEMA ELETTRICO

Nonostante il circuito impieghi solo due transistor per ricevere il segnale radio ed estrarre da esso l'informazione audio, la configurazione su cui si basa il nostro ricevitore è quella di una vera e propria supereterodina. I compiti di mixer e oscillatore locale sono svolti contemporaneamente da TR1, mentre TR2 è il nostro stadio a media frequenza. Il segnale ricevuto in antenna e sintonizzato da L1, C1,C2 e C3 è avviato alla basa di TR1, configurato come mixer auto-oscillante. L'oscillazione è innescata dal quarzo (XTAL) posto tra la base e il collettore del transistor; in realtà TR1 oscilla sulla frequenza fondamentale del quarzo il cui valore, trattandosi normalmente di quarzi in 3° armonica, sarà attorno ai 9 Mhz. Considerando che l'oscillazione prodotta da TR1 genera comunque una 3° armonica sufficientemente robusta, il battimento di frequenza con il segnale ricevuto determina un segnale differenza a 455Khz idoneo ad essere successivamente amplificato da TR2. Il filtro ceramico CF1 seleziona il segnale di media frequenza presente sul collettore di TR1 e lo applica alla base di TR2 per essere amplificato. Il trasformatore MF1, accordato sempre a 455 Khz, ha il compito di aumentare la selettività dello stadio e permette tramite il secondario di avviare il segnale così trattato verso il diodo al germanio DG per essere rilevato. Per ultimo, segue l'amplificatore audio, pilotato dal classico LM386 alla cui uscita è possibile collegare un piccolo altoparlante o un paio di cuffiette.

MONTAGGIO E TARATURA

Il montaggio può essere effettuato comodamente utilizzando il circuito stampato visibile in **figura 3**, aiutandosi con il piano di montaggio di **figura 4**. I componenti sono tutti di facile reperibilità e i transistor possono essere tranquillamente sostituiti con degli equivalenti. La media frequenza MF1 se non la si trova può essere recuperata da un vecchia radiolina AM in disarmo facendo attenzione a non rovinarla e controllando la continuità degli avvolgimenti con un tester prima di saldarla sul circuito stampato. Fate attenzione alle polarità del diodo al germanio DG quando lo inserite nel circuito e considerate che può essere sostituito con qualsiasi altro equivalente.

Taratura

Collegate al ricevitore, come antenna, un spezzone di filo lungo un paio di metri, date tensione e controllate con un frequenzimetro che TR1 stia oscillando. Quello che vi serve a questo punto è un segnale radio CB modulato in ampiezza di frequenza pari al canale di ricezione prescelto, questo dipende dal quarzo utilizzato; in linea di principio il segnale campione deve avere una frequenza di 455Khz maggiore rispetto a quella del quarzo inserito nel vostro circuito. A questo scopo, in mancanza di un generatore RF, potete chiedere aiuto ad un amico CB che abita nelle vostre vicinanze chiedendogli di trasmettere per qualche minuto sul canale che avete a disposizione, in questo caso è bene che il filo utilizzato come antenna sia steso fuori casa (balcone/finestra). Trovato un valido segnale di riferimento dovete ruotare il nucleo di MF1 fino a rendere massimo il segnale ascoltato in altoparlante dopo di che fate la stessa operazione ruotando il compensatore C3. Eseguite queste due semplici operazioni il ricevitore è pronto per essere utilizzato. ❑

CODICE MIP 2756727

POSCOPE BASIC

Uno strumento indispensabile

6 STRUMENTI IN 1!

1. Oscilloscopio 2 canali
2. Analizzatore di spettro 2 canali
3. Registratore 2 canali
4. Analizzatore logico 16 canali
5. Generatore logico 8 canali
6. Generatore di segnali PWM a 5 canali

OSCILLOSCOPIO ED ANALIZZATORE DI SPETTRO

Numero canali: 2
Frequenza di campionamento: 100 Hz ÷ 200 KHz
Memoria:
- Buffer di lettura: 1126 campioni/canale (1 canale), 563 campioni/canale (2 canali).
- Pipe di lettura: 64K campioni/canale (1 o 2 canali).

Massima tensione di ingresso: -20 ÷ +20 V
Risoluzione ADC: 10 bits
Triggering:
- Assoluto (per fronti di salita/discesa)
- Differenziale (per differenza tra campioni consecutivi)
- Esterno (per fronti di salita/discesa di segnali TTL)

Funzionalità disponibili: Hamming, Hanning, Blackman, Blackman-Harris.

ANALIZZATORE LOGICO

Numero canali: 16 (8 se utilizzato il generatore logico)
Frequenza di campionamento: 1 KHz ÷ 8 MHz
Memoria:
- Buffer in lettura (Fs=4-8 MHz) 128 bit/canale.
- Buffer in lettura (Fs=2-2.66 MHz) 1160 bit/canale.
- Buffer in lettura (Fs<=1 MHz) 1544 bit/canale
- Buffer in lettura (in mod. concatenamento) 1 Mbit/canale.
- Pipe di lettura (Fs < 500KHz) 4K a 256 Mbit/canale.

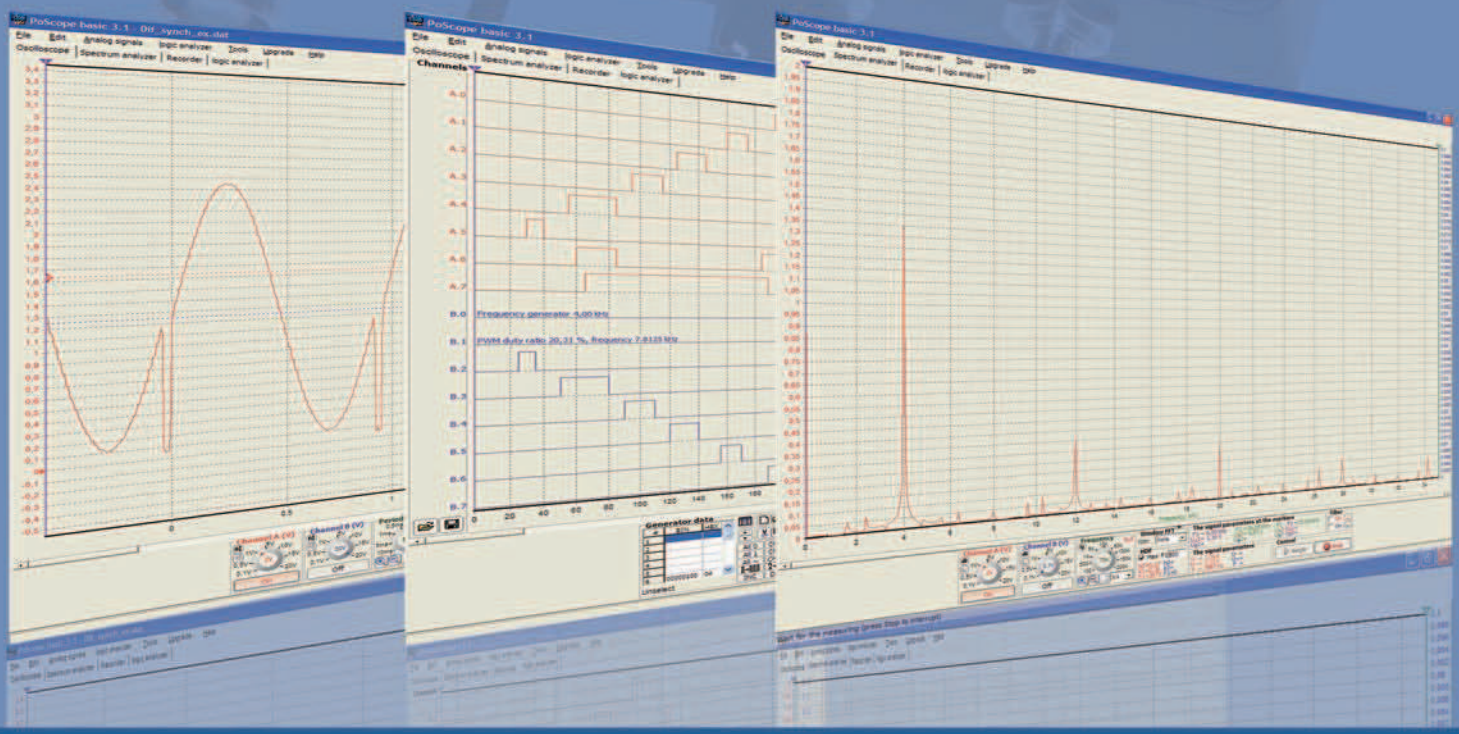
Massima tensione di ingresso: 0 ÷ +5 V
Triggering: per fronti del segnale, maschere, impulsi persi, clock esterno.
Clock: interno/esterno

REGISTRATORE

Frequenza di campionamento: 0.01 Hz ÷ 200 KHz
Capacità massima di registrazione: 24 ore (Fs < 100 Hz)
Tensione d'ingresso: -20 ÷ +20 V (hardware 2 sub-band)
Risoluzione ADC: 10 bit

GENERATORE LOGICO

Numero canali: 8
Frequenza di campionamento: 1 KHz ÷ 1 MHz
Memoria: 1544 bit/canale
Tensione di uscita: "0" - 0 V, "1" - 3.3 V
Massima corrente in ingress/uscita: 10 mA



CODICE MIP 2764130

Ordinalo subito su www.ieshop.it/poscope

iRobot® Roomba®

Vacuum Cleaning Robot

Mantieni la tua casa sempre pulita
Risparmia tempo ed energia
Migliora la qualita' della tua vita

iRobot Roomba: il nuovo robot aspirapolvere pulisce regolarmente, così non devi farlo tu!

Pulire al meglio il pavimento della tua casa è una battaglia continua. Fortunatamente, i nuovi iRobot Roomba serie 500 sono stati realizzati per risparmiarti questo noioso compito e per aiutarti ogni giorno nelle tue faccende domestiche. Basta premere un pulsante ed il tuo Roomba pulirà i pavimenti in modo impeccabile, risparmiando tempo e consumando molta meno energia elettrica di quella necessaria a far funzionare un normale aspirapolvere.

Come lavora iRobot Roomba? Gli avanzati sensori e la tecnologia AWARE® robot, assicurano che questo intelligente ed efficiente robot domestico pulisca tutta l'area della stanza in cui si trova. Inoltre, di fronte a tappeti, moquette o superfici particolarmente sporche, nessuna paura! Il suo efficientissimo sistema di spazzole ed il suo intelligente metodo di aspirazione, gli permette di raccogliere anche la sporcizia più impegnativa e di pulire a fondo. iRobot Roomba pulisce perfettamente sia sotto i mobili che nelle aree difficili da raggiungere.

Basta accenderlo e lasciarlo lavorare per trovare al ritorno i pavimenti puliti ed in ordine.

Pulisce alla perfezione anche sotto i mobili

Si adatta automaticamente a pulire ogni genere di superficie

GARANZIA 24 MESI

Pulisce lungo i muri e negli angoli più stretti

Ritorna automaticamente alla base di ricarica

ELETTO PRODOTTO DELL'ANNO
I Consumatori Premiano l'Innovazione
2009

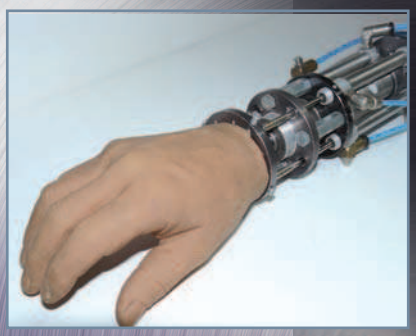
Ricerca di mercato GPMI © su una pre-selezione di prodotti innovativi presenti nella grande distribuzione italiana, condotta da TNS Infratest su 8.134 consumatori con più di 15 anni, svoltasi tra settembre e ottobre 2008. **www.prodottodellanno.it**
Categoria **PICCOLI ELETTRODOMESTICI DA CASA**

Distribuito da:
Nital

Infoline 199.124.172 info@irobot.it
www.irobot.it

CODICE MIP 2757581

ROBOTZone



96 COSTRUIRE UN POLSO ROBOTICO

LA REALIZZAZIONE PRATICA

Nel numero scorso è stata analizzata la parte teorica ed ora è il momento di passare alla pratica. Preparate la vostra "sala operatoria"...

di Federico Pinto

102 FUNZIONI VARIABILI E PUNTATORI

In questo numero affronteremo degli importanti aspetti relativi alla gestione delle funzioni nel linguaggio NQC: parleremo del passaggio dei parametri, del campo di visibilità delle variabili e dei puntatori

di Franco Tedeschi e Nicola De Crescenzo

Costruire un polso robotico *(parte seconda)*

la REALIZZAZIONE PRATICA

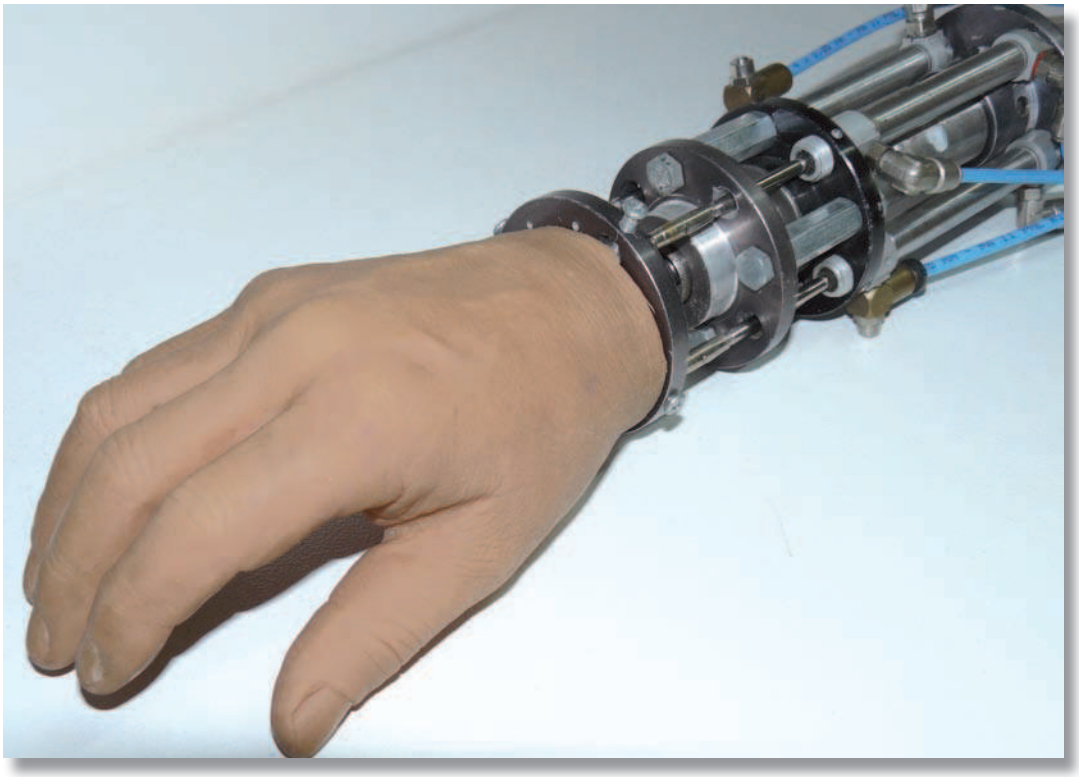


Figura 12: braccio e utilizzatore a lavoro terminato.

Nel numero scorso è stata analizzata la parte teorica ed ora è il momento di passare alla pratica. Preparate la vostra "sala operatoria"...

Analizzata la parte teorica nel capitolo precedente arriviamo alla parte pratica, quella che ci farà effettivamente costruire la "struttura ossea" del polso. Come avevamo detto la volta scorsa possiamo raggruppare il movimento del polso in tre tipologie di meccaniche differenti:

- Motoriduttori come parte integrante
- Movimento a giunto cardanico
- Movimento con motori epicicloidali

Vediamo di capire pregi e difetti di ogni struttura, per poi costruire le tre meccaniche analizzate e trovare quella che più fa al caso nostro. Per le costruzioni "casalinghe" si può supporre un possibile utilizzatore dal peso di 300 gr e che è stato riprodotto in una protesi in lattice **(figura 1)**. Naturalmente questo è semplicemente un esempio, voi, per l'automa che avrete intenzione di costruire, potrete usare l'utilizzatore che più vi aggrada.

STRUTTURA 1:

Motori come parte integrante

Soluzione semplice, economica, di facile e veloce costruzione. Come visibile in **figura 2**, vengono sfruttati tre motoriduttori, denominati "A", "B" e "C", facilmente recuperabili e che faranno parte integrante del polso. Di questi, due sono deputati al movimento di flessione/estensione (movimento E) ed uno al movimento di abduzione/adduzione (movimento F), tramite un giunto (supporto S), costruito in bachelite, PVC, resina o altro. In questo tipo di meccanica vengono uniti gli assi dei motori e saranno loro stessi a stesso a muoversi facendo leva sul suo punto fermo, costituito dall'asse. Per la costruzione del supporto è stato usato come materiale del PVC di spessore 2 mm e utilizzato la puleggia dei motori come calco: disegneremo il contorno della stessa, compresi i fori che serviranno poi per unire le due pulegge. Sul primo componente del supporto, "A_1" **(figura 3)**, lasceremo un'aletta di circa 3 cm che sporgerà dal contorno e che successivamente

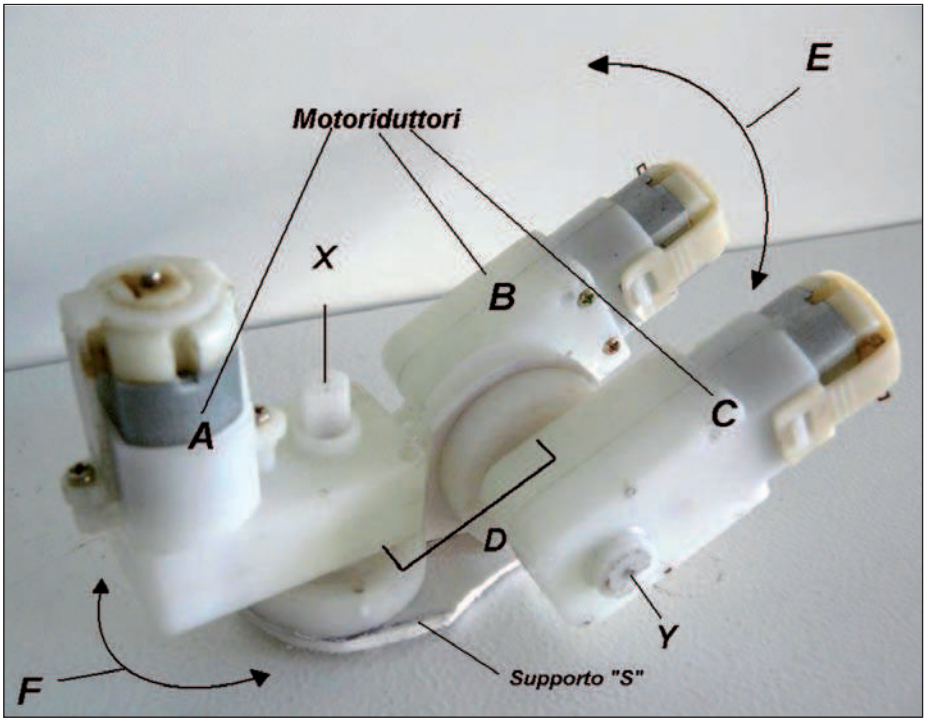


Figura 1: protesi mano in lattice.

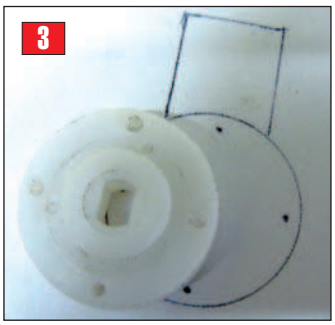
Figura 2: struttura movimento polso con motori come parte integrante.

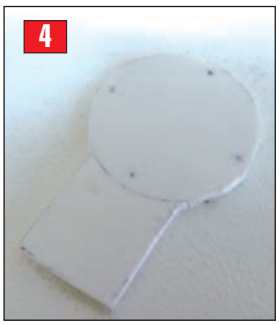
Figura 3: sul primo componente del supporto, "A1", lasceremo un'aletta di circa 3 cm che sporgerà dal contorno e che successivamente servirà per unire le due parti che a loro volta uniranno i motori.

Figura 4: tagliare il PVC seguendo le linee, ottenendo così la prima parte del giunto.

Figura 5: il supporto terminato.

Figura 6: l'applicazione dei motori.





servirà per unire le due parti che a loro volta uniranno i motori. Taglieremo poi il PVC seguendo le linee, ottenendo così la prima parte del giunto **(figura 4)**. Di seguito prepareremo il secondo componente in PVC ("B_1") e, aiutandoci ancora con la puleggia del motore che farà da guida, marcheremo i contorni del secondo pezzo, anche in questo caso con un'aletta di 3 cm sporgente dalla circonferenza dove però questa volta praticheremo un taglio di lunghezza pari a quella del componente "A_1". Questo taglio, servirà come incastro per i due componenti del supporto, **figura 5**. Bloccheremo le pulegge con delle viti e applicheremo poi i finecorsa che serviranno a dare i limiti scelti di inclinazione, per poi applicare i motori **(figura 6)**. Questa soluzione comporta inevitabilmente degli accorgimenti, ad esempio quello di non caricare eccessivamente i motori ed usare piccoli motoriduttori poiché il peso di tutta la struttura graverà sugli assi "X" e "Y" che non sono stati progettati per sopportare i pesi del motore e dell'utilizzatore. Nel nostro caso, è il motore stesso a dare il movimento al possibile utilizzatore che verrà costruito sui motori "B" e "C", usati come base e comandati simultaneamente. Vengono così eliminate alcune problematiche costruttive che aumenterebbero i tempi di costruzione meccanica, ma ciononostante questa non è una buona soluzione definitiva, a meno che per costruire il supporto "S" non si utilizzino ottimi motori e materiali decisamente resistenti. Effettuando infatti una prova con la protesi in lattice di peso pari a 300 gr, la riduzione dei motori non riesce a sostenere la "mano artificiale". C'è un altro inconveniente da far notare: il supporto "S" e il fissaggio dei motori su di esso implicano inevitabilmente di distanziare i due assi dei motori, "X" e "Y". La distanza tra di essi ("D") comporta un movimento dell'utilizzatore finale (nel mio caso la mano) poco realistico.

STRUTTURA 2

Movimento a giunto cardanico

È semplicemente uno snodo molto usato in ambito meccanico, avente di solito come scopo quello di unire due "alberi" non in asse e di trasmettere loro il moto con rapporto 1:1 **(figura 7)**. Naturalmente vedo in questa parte meccanica uno scopo diverso, ovvero uno snodo che si muove in quattro direzioni differenti, no-

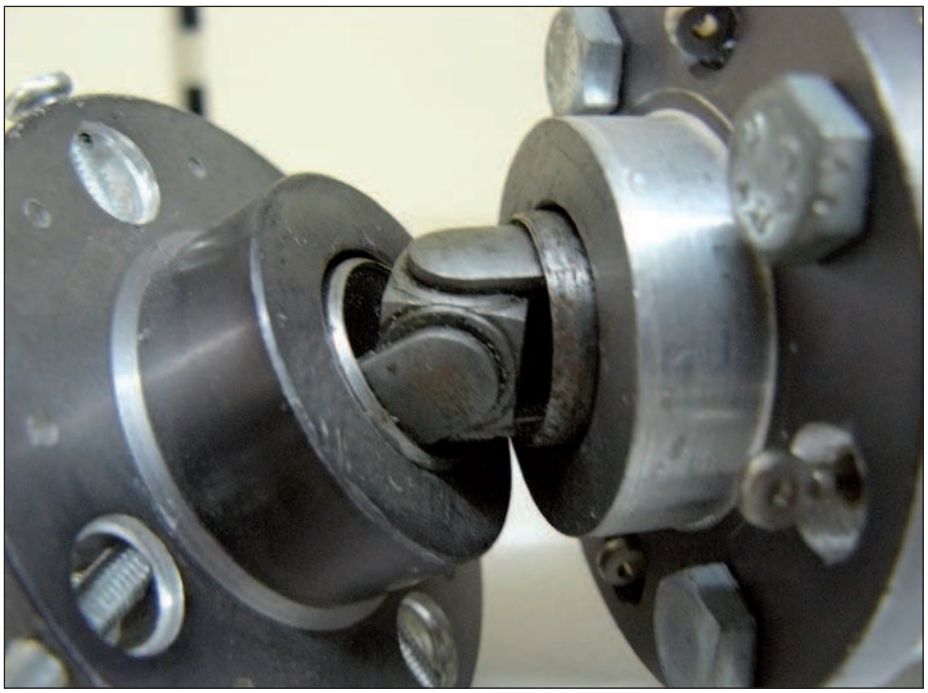


Figura 7: giunto cardanico.

(recuperabile anche da una chiave a croce, **figura 9**), posto tra due flange, una solidale alla struttura (flangia "B") e l'altra mobile (flangia"A"). Il moto è dato da 4 cavi che azionati da alcuni attuatori (pistoni, leve, motoriduttori…) conferiscono i due gradi di libertà del polso. Nel caso specifico, per praticità di lavorazione per le flange è stato usato l'alluminio e sono stati posizionato gli attuatori (pistoni ad aria) subito dopo il giunto, costruendo in questo modo anche una parte di avambraccio, e con il vantaggio di bilanciare la struttura. Come attuatori sono stati utilizzati dei cilindri ad aria di ridotte dimensioni, dando alla struttura una forma rotondeggiante e posizionando, al centro dei quattro pistoni ad aria, il motoriduttore che trasmette la rotazione a

Figura 9: possibile giunto cardanico utilizzabile.

Figura 10: avvitatore utilizzato per la rotazione dell'avambraccio.

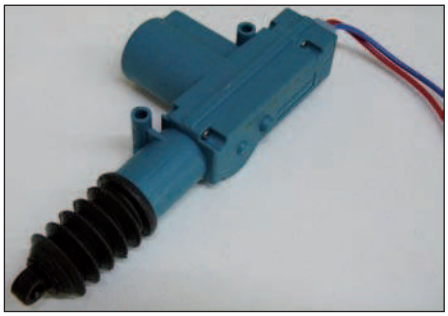


Figura 11: motoriduttori a "stelo" utilizzati nelle chiusure centralizzate delle autovetture.

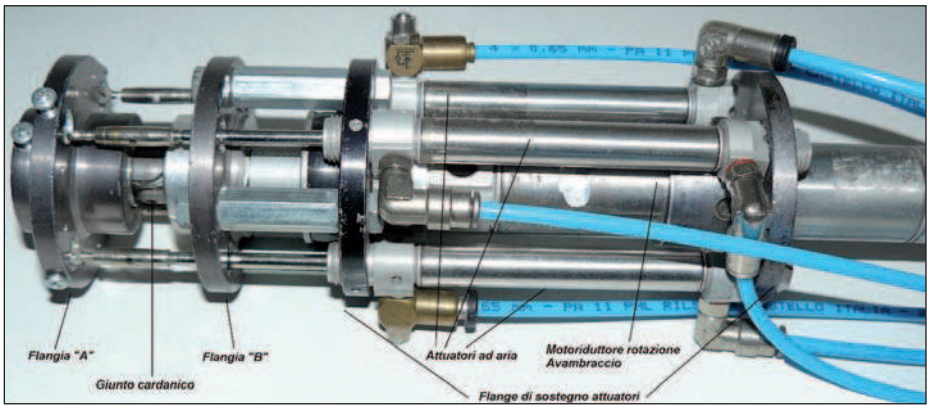


Figura 8: avambraccio e polso.

tevolmente robusto, di difficile usura temporale e meccanica, di facile reperibilità anche se, per il nostro utilizzo, ha bisogno di qualche modifica strutturale. Se optiamo per questa soluzione meccanica, risulta fondamentale la scelta degli attuatori per il sostegno della struttura e per un movimento fluido del polso poiché a lavoro finito la struttura in questione avrà un certo peso. Per questa struttura è infatti abbastanza problematico trovare dei materiali che siano diversi dal materiale ferroso o leghe, ed è quindi indispensabile l'utilizzo di adeguati attuatori per l'aumento consistente del peso. Come visibile in **figura 8**, questa struttura sembra abbastanza complessa ma sostanzialmente sia composta da un giunto cardanico tutto il braccio meccanico. Il motoriduttore con asse centrale è stato recuperato e ridotto ai minimi termini, da un vecchio avvitatore a batteria **(figura 10)** che verrà poi fissato al giunto che comporrà il "gomito". È possibile però optare per altre soluzioni, ad esempio usare motoriduttori come in **figura 11**. Sono motoriduttori in DC alimentati a 12 Vcc e sono utilizzati nelle chiusure centralizzate per le portiere delle auto, facilmente recuperabili a pochi euro da un rigattiere. Un'altra soluzione potrebbe essere usare quella di usare cavi per trasferire il moto e posizionare gli attuatori distanti dal braccio; in questo modo potremmo avere il vantaggio di non appesantire la struttura e di adeguarsi a degli attuatori, magari già esistenti.

Figura 13: meccanismo all'interno delle specchio retrovisore.

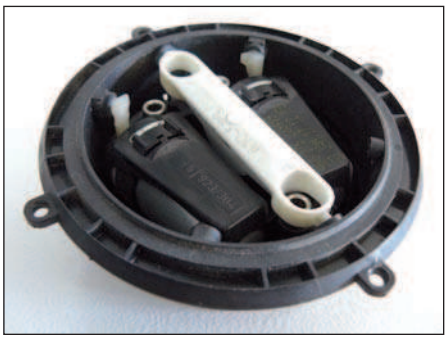


Figura 14: struttura da utilizzare priva del superfluo.

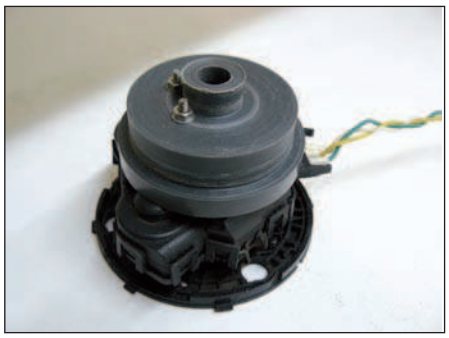


Figura 15: polso con supporto rotazione e utilizzatore.

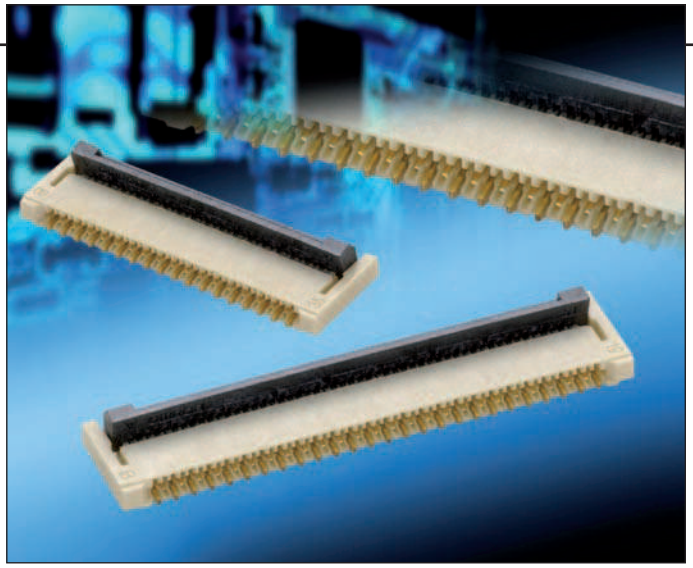
Figura 16: polso con motori a movimento epicicloidale terminato.

Figura 17: rotore elicottero utilizzabile come polso robotico.

MOVIMENTO CON MOTORI EPICICLOIDALI

Una valida soluzione per chi si avvicina al mondo della robotica ed è alle prime armi in meccanica ed elettronica. La messa in opera di questa struttura è praticamente minima, visto che tutte le parti meccaniche, motori compresi, sono già assemblate su una struttura portante che costituirà il nostro polso. È quotidianamente sotto i nostri occhi ed è praticamente già pronta! Necessita veramente di pochi accorgimenti per ottenere un movimento soddisfacente e di notevole impatto visivo. Come potete vedere in **figura 13**, la soluzione è nel meccanismo elettromeccanico atto al movimento degli specchi retrovisori delle più attuali autovetture. Soluzione semplice ed efficace. Due motoriduttori funzionanti a 12V con movimento epicicloidale, già installati su una struttura portante di forma rotonda, hanno il compito, in pochi centimetri di spessore e con un'apposita meccanica e leve, di produrre quattro movimenti fluidi con soddisfacente forza. Praticamente un "polso robotico" con i suoi due gradi di libertà, già pronto a cui dobbiamo solo aggiungere il movimento di rotazione e un'adeguata elettronica di controllo. Il meccanismo è bloccato da tre viti autofilettanti; togliendole, sarà possibile usufruire della vera e propria meccanica di cui si necessita **(figura 14)**. Per far sì che la struttura sia solidale all'utilizzatore e al motore che darà poi la rotazione alla struttura, sarà possibile utilizzare i fori già esistenti e, come nel mio caso, applicare una flangia in PVC (dotata di foro centrale per il passaggio dei cavi) per sostenere l'utilizzatore **(figura 15 e16)**. In questa struttura è però possibile riscontrare anche degli aspetti negativi che è importante far notare a chi si cimenta nella costruzione di questa terza soluzione di polso robotico. Uno di questi è la poca escursione degli assi e la notevole riduzione del moto da cui dipende un movimento finale lento oltre alla possibilità di non reperire facilmente in disfattura o da un rigattiere lo specchio retrovisore dovendo ricorrere così all'acquisto. Naturalmente, come sempre, sarete voi che in base alle vostre esigenze sceglierete gli attuatori più opportuni e l'elettronica di controllo più economica o che semplicemente avrete a disposizione, anche riciclandola da altri robot. In realtà, esiste un altro tipo di meccanica che però non è stata presa in considerazione per l'alto costo di acquisto. Se ne avete modo, alla prossima fiera dell'elettronica, provate ad osservare il rotore di un elicottero radiocomandato, due gradi di libertà nelle pale e movimento di rotazione: il tutto in alluminio anodizzato e azionato da servocomandi **(figura 17)**.

CODICE MIP 2756715



NUOVI CONNETTORI

OMRON

Omron presenta i nuovi connettori per circuiti stampati flessibili XF3C a passo 0,25-0,3-0,4-0,5mm che permettono una riduzione del 20% dello spazio occupato sulla scheda e portano a soli 0,85mm l'altezza dei connettori montati. L'esclusivo meccanismo bloccacavo rotativo posteriore, fornito già in posizione aperta per ridurre il numero di operazioni per l'assemblaggio, facilita l'inserzione quando il circuito stampato flessibile viene collegato. Presentando i doppi contatti, gli XF3C eliminano la necessità di codificare il verso dei connettori, superiore o inferiore, per l'assemblaggio di PCB sovrapposti.

CODICE MIP 2764099

NUOVI DISPOSITIVI STRATIX IV

Mentre GX EP4SGX530 e EP4SGX230 sono attualmente in consegna, gli altri membri della famiglia Stratix IV di Altera saranno disponibili nel corso del 2009. EP4SGX530 è il 60% più grosso rispetto all'FPGA più grande attualmente sul mercato e offre 530K elementi logici, fino a 48 transceiver operanti a 8.5 Gbps, 20.3 Mbit di RAM e 1040 moltiplicatori embedded. Presto supportati da Agilent, gli FPGA Stratix IV GX integrano fino a quattro core hard per PCI Express Gen1 e Gen2 (x1, x4 and x8) e supportano un ampio spettro di protocolli, tra i quali Serial RapidIO®, 40G/100G Ethernet, XAUI, CPRI (compreso CPRI 6G), CEI-6G, GPON, SFI-5.1 e Interlaken.

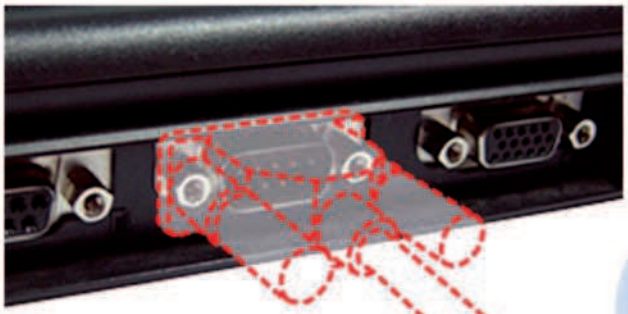
CODICE MIP 2764101

NUOVI MCU FUJITSU

Fujitsu ha ampliato la sua linea di microcontroller "low pin-count" (LPC) con tre nuove serie di MCU a 8 bit ad alte prestazioni della famiglia F2MC-8FX, con 8, 16 e 20 pin. Le serie MB95260H, MB95270H e MB95280H, pin compatibili con la serie MB95200, contengono una memoria flash dual-operation che fornisce un'area dati e un'area programmi eliminando di fatto la necessità di una E2PROM esterna. La funzione di sicurezza protegge il software da programmi non autorizzati ed essendo i circuiti oscillante e di rilevamento bassa tensione integrati nei controller abbiamo una notevole riduzione complessiva dei costi di sistema.

CODICE MIP 2764103

convertitori RS232 Bluetooth
Famiglia PARANI

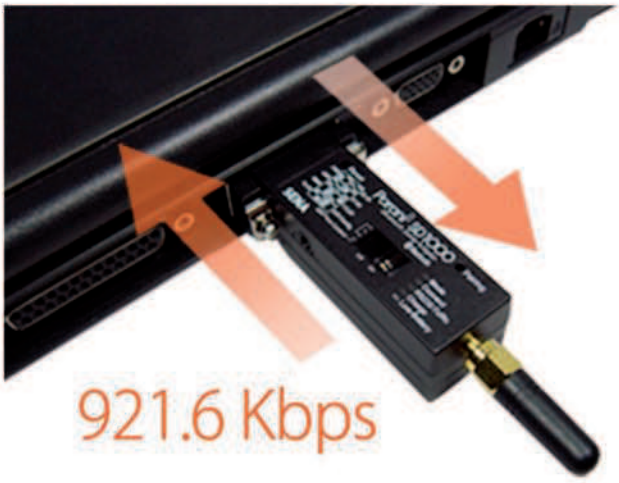


Mai più connessioni via cavo!

Collega le tue apparecchiature in wireless tramite Bluetooth!

alimentazione a batteria standard

alimentazione a batteria estesa



Trasmissione dati in modo trasparente fino a 921.6 Kbps

Il modulo può essere alimentato anche dal pin 9 della porta seriale

SENA

Per maggiori informazioni visita il sito **www.elettroshop.com** oppure chiama il numero **02/66504794**

CODICE MIP 2764134

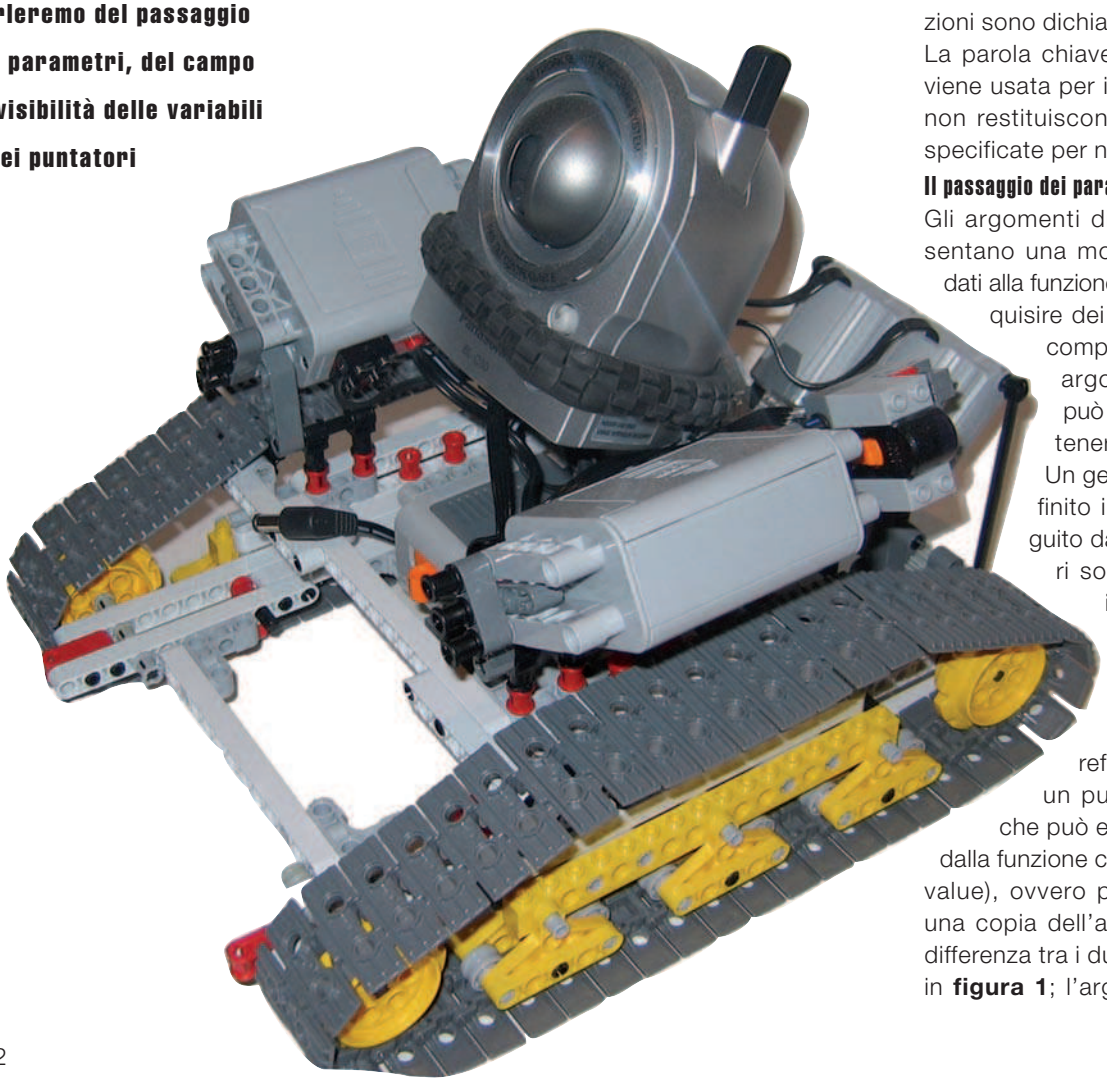
di FRANCO TEDESCHI e NICOLA DE CRESCENZO

PROGRAMMARE i LEGO MINDSTORMS *(parte quinta)*

FUNZIONI VARIABILI e *puntatori*

In questo numero affronteremo degli importanti aspetti relativi alla gestione delle funzioni nel linguaggio NQC: parleremo del passaggio dei parametri, del campo di visibilità delle variabili e dei puntatori

Nelle scorse puntate abbiamo trattato i concetti di base sull'utilizzo delle funzioni e delle subroutine: abbiamo mostrato come è possibile raggruppare una serie di istruzioni in un solo blocco, che può quindi essere chiamato a seconda delle necessità in un qualsiasi punto del programma.



Abbiamo visto che le funzioni vengono definite con la seguente sintassi:

```
void nome (lista_argomenti)
 {
 / / Corpo della funzione
 }
```

NQC supporta funzioni con argomenti, ma non valori di ritorno: quindi tutte le funzioni sono dichiarate usando il tipo void. La parola chiave void, ereditata dal C, viene usata per identificare funzioni che non restituiscono dati, ovvero funzioni specificate per non ritornare nulla.

Il passaggio dei parametri nel linguaggio NQC

Gli argomenti di una funzione rappresentano una modalità per passare dei dati alla funzione stessa o anche per acquisire dei risultati alla fine di una computazione. L'elenco degli argomenti di una funzione può essere vuoto o può contenere una o più definizioni. Un generico argomento è definito in base al suo tipo, seguito dal suo nome; tutti i valori sono rappresentati come interi in formato a 16 bit. Esistono due modalità fondamentali per il passaggio degli argomenti: per indirizzo (by reference), cioè passando un puntatore all'argomento, che può essere quindi modificato dalla funzione chiamata e per valore (by value), ovvero passando alla funzione una copia dell'argomento originale. La differenza tra i due casi è schematizzata in **figura 1**; l'argomento passato viene

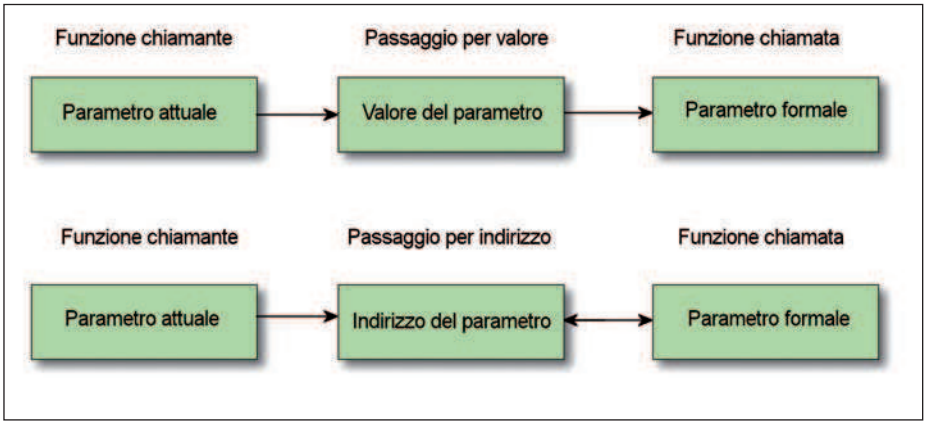


Figura 1: passaggio di un parametro per valore e per riferimento.

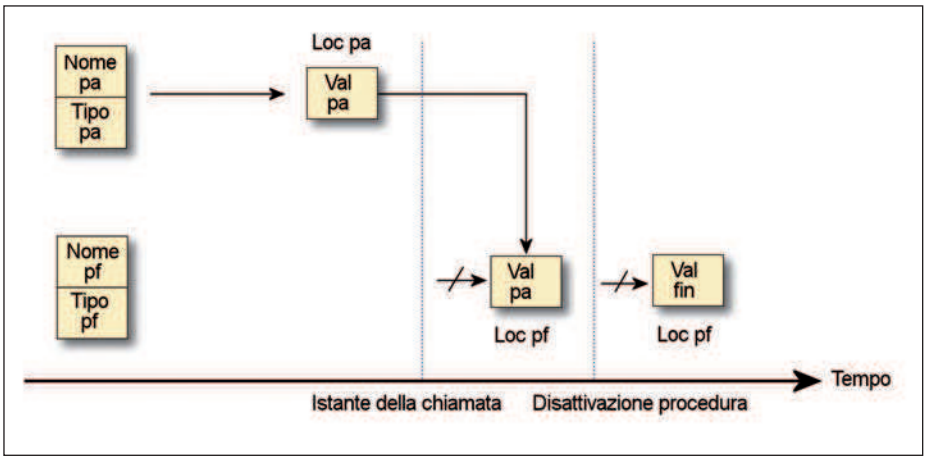


Figura 2: schema temporale del passaggio di un parametro per valore.

spesso denominato parametro attuale, mentre la copia ricevuta, viene detta parametro formale. Nel caso del passaggio per valore, le frecce sono unidirezionali, mentre sono a doppio senso nel caso del passaggio per riferimento.

Passaggio per valore

Vediamo più nel dettaglio questa modalità di passaggio dei parametri facendo riferimento alla **figura 2**. Nel programma chiamante abbiamo un parametro attuale che ha un nome (Nome pa) ed un tipo (Tipo pa). Prima della chiamata abbiamo una associazione attiva con una locazione del parametro attuale e un certo valore corrente del parametro attuale (Val pa). Alla chiamata, il nome del parametro formale (Nome Pf) ed il suo tipo (Tipo Pf)), vengono associati ad una locazione in memoria definita per quel parametro formale (Loc. pf). Questa locazione viene inizializzata con il valore contenuto nella locazione di memoria associata al parametro attuale (Loc. pa). Questo avviene al momento della chiamata della funzione, ovvero dell'attivazione. Alla fine dell'esecuzione del corpo di istruzioni della funzione, l'unità di memoria Loc. pf viene rilasciata, ma non c'è nessun ritorno indietro di dati rispetto al programma chiamante.

Passaggio di parametri per riferimento

In questo caso **(figura 3)**, nel programma principale abbiamo un nome del parametro attuale ed il tipo del parametro attuale. Nella locazione di memoria associata al parametro attuale (Loc. pa) avremo un particolare valore (Val. pa), in base alle computazioni fatte. Per quanto concerne il parametro o i parametri formali, avremo una associazione tra un nome ed un tipo semplicemente. Al momento dell'attivazione, viene creata una associazione non con una nuova locazione di memoria, ma con la locazione di memoria corrispondente al parametro attuale. Alla fine della computazione nella locazione di memoria Loc. Pa, non ci sarà più il valore iniziale (Val pa), ma ci sarà il valore del parametro formale dopo l'esecuzione del programma.

MODALITÀ OPERATIVE PER IL PASSAGGIO DEI PARAMETRI NEL LINGUAGGIO NQC

NQC supporta sei diversi tipi di argomenti, che corrispondono a diverse modalità per il passaggio dei parametri. In **figura 4** è riportato un prospetto completo delle diverse possibilità a disposizione. Gli argomenti di tipo int sono passati per valore dalla funzione chiamante alla funzione chiamata. Questo significa che il compilatore deve assegnare una variabile temporanea per contenere l'argomento. Non vi sono restrizioni sul tipo di valore che può essere utilizzato; tuttavia, poiché la funzione va a lavorare con una copia del vero argomento, qualsiasi modifica che interessa quel valore non sarà vista da parte del programma chiamante. Nel seguente esempio, la funzione "prova" tenta di impostare il valore del suo argomento a 5; ma dal momento che "prova" sta lavorando su una copia dell'argomento originale, la variabile y nel task principale rimane invariata.

```
void prova(int x)
 {
 x = 5;
 }
task main()
 {
  int y = 2; // inizializziamo la
variabile y a 2
   prova(y); // dopo la chiamata
//della funzione y sarà ancora
//uguale ad 2!
 }
```

Il secondo tipo di argomento, const int, corrisponde ancora ad un passaggio di parametri per valore, ma con la restrizione che possono essere utilizzati solo valori costanti (ad esempio i numeri). Questo è piuttosto importante, poiché vi sono una serie di funzioni RCX che lavorano solo con questo tipo di argomenti. Il terzo tipo, int &, passa gli argomenti per riferimento. Ciò consente alla funzione

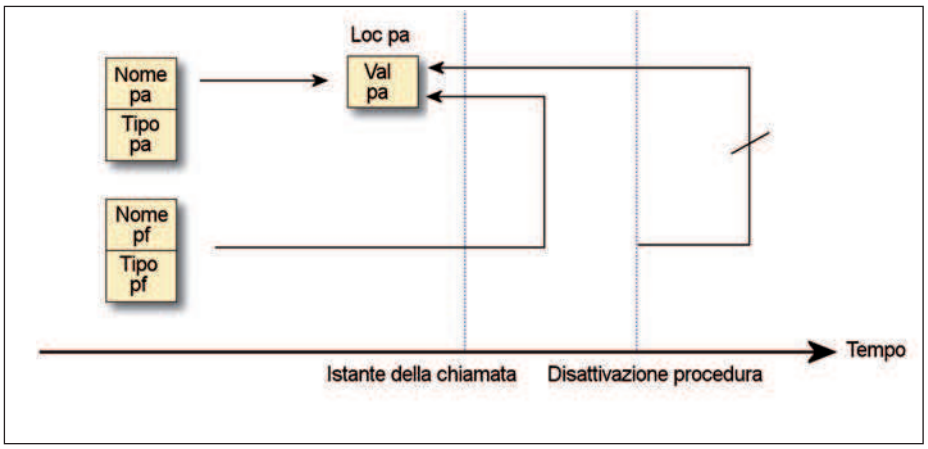


Figura 3: schema temporale del passaggio di un parametro per riferimento.

Figura 5: lo schema semplificato di una memoria ad otto locazioni.

TABELLA 4: VERSIONI DEL FIRMWARE

TIPO	SIGNIFICATO	LIMITAZIONI
int	passaggio per valore	No
const int	passaggio per valore	possono essere usate solo delle costanti
int &	passaggio per riferimento	possono essere usate solo delle variabili
const int &	passaggio per riferimento	la funzione non può modificare gli argomenti
int *	passaggio puntatore	possono essere usati solo puntatori
const int *	passaggio puntatore	la funzione non può modificare gli argomenti puntatori

Figura 4: le possibilità offerte da NQC per il passaggio dei parametri ad una funzione.

chiamata di modificare il valore del parametro e le modifiche attuate sono rese visibili al chiamante. Comunque, solo le variabili possono essere utilizzate come parametri, quando si chiama una funzione utilizzando argomenti di tipo int &. Vediamo un esempio:

```
void prova(int &x)
{
 x = 2;
 }
task main()
{
 int y = 5; // inizializziamo
//la variabile y ad 5
 prova(y); // y è adesso uguale
//a 2
}
```

Il quarto tipo di parametro, const int &, corrisponde ad un passaggio per riferimento, ma con la restrizione che al chiamato non è consentito di modificare il valore. A causa di questa restrizione, il compilatore è in grado di trasferire qualsiasi cosa (non solo le variabili), alle funzioni che utilizzano questo tipo di argomento. In generale questo è il modo più efficace per passare degli argomenti nel linguaggio NQC. Vi è una differenza importante tra gli argomenti di tipo int e gli argomenti di tipo const int &: un argomento di tipo int viene passato per valore, per cui nel caso di una espressione dinamica (ad esempio un sensore di lettura), il valore viene letto una volta e quindi salvato.
Con gli argomenti di tipo const int &, l'espressione sarà riletta ogni volta che viene utilizzata in una funzione. Gli ultimi due tipi, int * e const int *, passano per argomento un puntatore. Ma che cos'è un puntatore?
Come è noto, ad ogni variabile, è associato a livello hardware un indirizzo univoco che ne identifica la posizione in memoria, la **figura 5** riporta a titolo di esempio uno schema semplificato di una memoria ad otto locazioni. In alcune circostanze, è utile accedere ad una variabile attraverso il suo indirizzo piuttosto che attraverso il suo nome. Per ottenere l'indirizzo di una variabile, in NQC si usa l'operatore &. Per esempio l'istruzione ptr = &j; memorizza nella variabile ptr l'indirizzo della variabile j.
La variabile ptr, che contiene l'indirizzo di j, è una variabile di tipo speciale chiamata puntatore (assume questo nome, in quanto memorizzando un indirizzo, punta ad un oggetto).
La dichiarazione di una variabile puntatore in NQC avviene con la sintassi: int * nome_variabile; Oltre che per la dichiarazione dei puntatori, si usa l'asterisco anche per accedere al valore che è memorizzato nell'indirizzo di memoria contenuto in una variabile puntatore. Vediamo un esempio pratico:

```
void prova (int * p)
{
 *p = 4;
}
task main()
{
 int x = 2;
 int* y = &x; // y contiene
//l'indirizzo di x
 prova(y);  // x = 4
}
```

In **figura 6** viene illustrato con l'ausilio dello schema semplificato della memoria, l'effetto delle varie istruzioni. In corrispondenza dell'istruzione int x = 2; viene assegnata alla variabile x una certa locazione di memoria, (nel nostro esempio la locazione con indirizzo 01) e al suo interno viene memorizzato il valore 2. In corrispondenza dell'istruzione int* y =

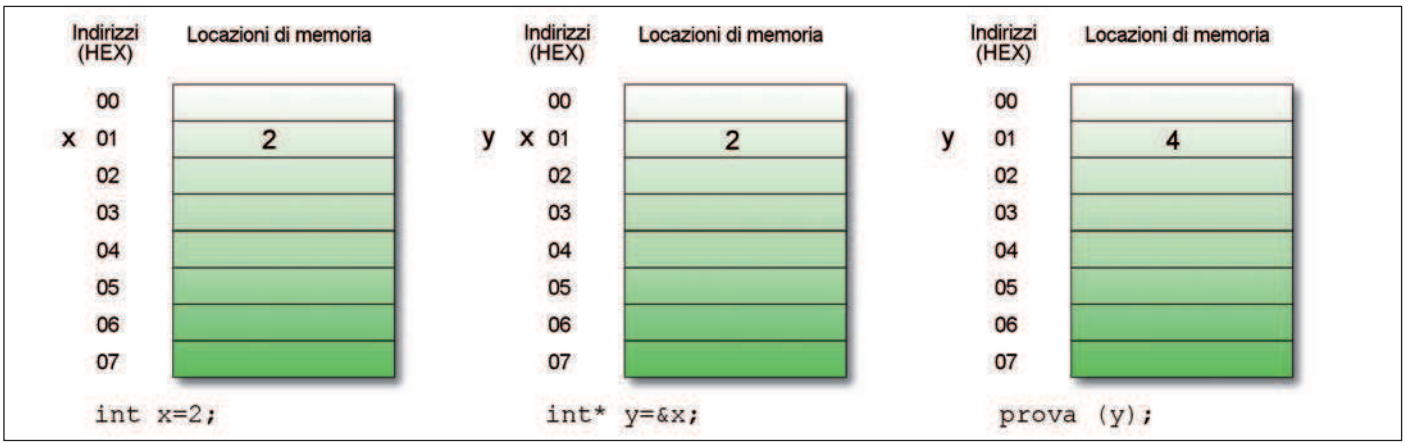


Figura 6: l'effetto delle istruzioni int x = 2; int y = &x e Prova(y) sulla memoria.*

&x; viene definita la variabile puntatore Y che punta all'indirizzo della variabile x. Con la chiamata della funzione prova(y); il parametro attuale y viene passato alla funzione avente parametro formale p: l'effetto è quello di assegnare alla locazione puntata da y (che era x, ossia indirizzo 01 Hex) il valore 4.

VARIABILI IN NQC

Le variabili in NQC possono essere di due tipi: interi con segno a 16 bit o puntatori ad interi con segno a 16 bit; vengono dichiarate usando la parola chiave int seguita da un elenco di nomi separati da una virgola e chiusi con il punto e virgola. Il simbolo '*'davanti al nome, definisce le variabili di tipo puntatore. Riportiamo di seguito degli esempi:

int x; / / dichiariamo la variabile x di tipo intero
int y, z; / / dichiariamo contemporaneamente due variabili intere y e z
int * q; / / dichiariamo una variabile di tipo puntatore q
Int * p = &x; // dichiariamo un puntatore p a cui assegniamo l'indirizzo di x

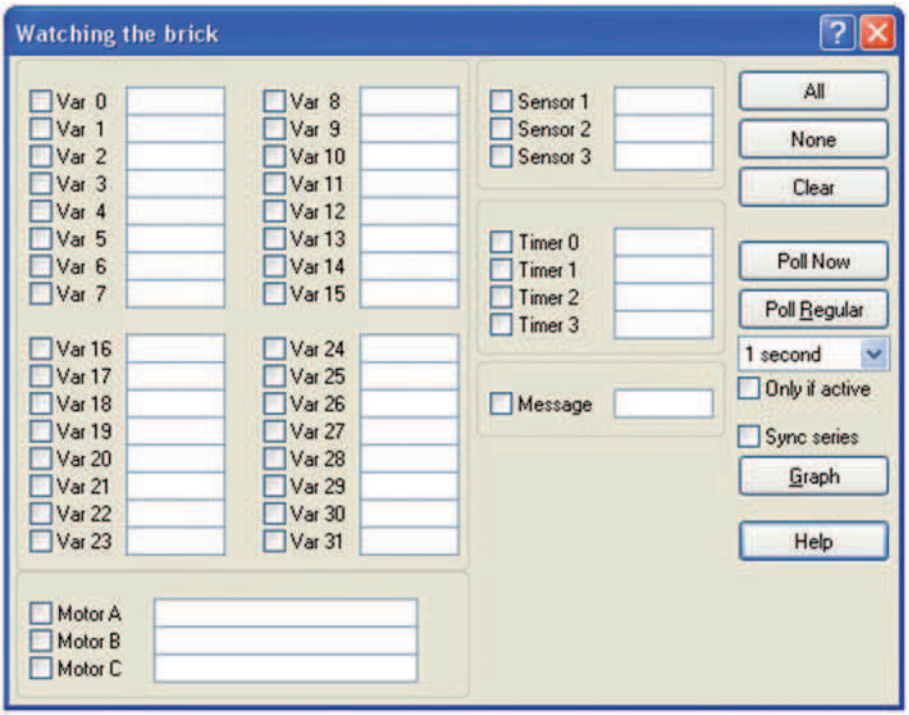


Figura 7: il tools "Watching the brick".

CICLO DI ESISTENZA DELLE VARIABILI

Per quanto concerne il ciclo di vita delle variabili, vale la seguente regola generale: ad un identificatore di variabile viene associato un tipo in fase di compilazione del programma, mentre in fase di esecuzione viene associata una locazione di memoria per tutto il periodo di attivazione dell'unità di programma in cui risulta definito. Per ciò che riguarda il campo di visibilità, le variabili si possono distinguere in variabili globali e variabili locali. Le variabili globali sono dichiarate nel campo di visibilità dell'intero programma, quindi al di fuori di ogni blocco di codice. Una volta dichiarate, esse possono essere utilizzate all'interno di tutti i task, funzioni e subroutine. Il loro campo di visibilità comincia dalla dichiarazione e termina alla fine del programma. Le variabili locali possono essere dichiarate all'interno di task, funzioni e a volte, all'interno di subroutine. Tali variabili sono accessibili solo all'interno del blocco di codice in cui sono definite. In particolare, il loro campo di esistenza inizia con la loro dichiarazione e termina alla fine del loro blocco di codice. E' bene tener presente, che nel caso di variabili locali, una dichiarazione composta, ovvero un gruppo di istruzioni tra le parentesi { e } è considerato un blocco.
Vediamo di seguito alcuni esempi:

```
int x; // definizione della vari-
abile x di tipo globale
task main()
{
 int y; // definizione
//della variabile y di tipo locale
//all'interno del task main
 x = y; // ok
{ // inizio istruzioni composte
 int z; // dichiarazione di una
//variabile locale z
 y = z; // ok
}
 y = z; // errore: z non visibile
//in task main
}
task prova()
{
 x = 1; // ok
 y = 2; // errore: y non è
//visibile in quanto non è
//variabile globale
}
```

In molti casi NQC utilizza una o più variabili temporanee per uso interno: per esempio, una variabile temporanea può essere utilizzata per contenere un valore intermedio nel corso di un calcolo, oppure può essere utilizzata per contenere un valore che viene passato ad una funzione. Queste variabili temporanee potrebbero esaurire il set delle variabili disponibili per il resto del programma; per questo motivo, NQC tenta di gestire nel modo più efficiente possibile le variabili temporanee, attivando anche tecniche di riutilizzo. L'RCX fornisce un certo numero di locazioni di memoria che possono essere utilizzate per tenere memorizzate le variabili di un programma NQC. Ci sono due tipi di locazioni di memoria: globali e locali. Quando si compila un programma, NQC assegna ogni variabile ad una specifica locazione di memoria. Il programmatore in linea di massima, può ignorare i dettagli di questa assegnazione limitandosi a seguire le seguenti regole di base:

- se una variabile deve essere memorizzata in una locazione globale, bisogna dichiararla come una variabile globale;
- se una variabile non deve essere di tipo globale, definirla se possibile, come locale.

Questi accorgimenti conferiscono al compilatore una maggiore flessibilità nella assegnazione delle locazioni di memoria. Il numero di locazioni di memoria disponibili a livello globale e locale varia in base alla versione del mattoncino; RCX (1.0): 32 Locazioni Globali, 0 locali; RCX2: 32 Globali, 16 locali. Una interessante modalità per verificare lo stato delle variabili di programma, ma anche i valori acquisiti dai sensori o lo stato dei motori, viene offerto dall'ambiente Bricx Command Centre attraverso il tools "Watching the brick" **(figura 7)**. In questa finestra, dopo aver selezionato gli item che si vogliono interrogare, spuntando le apposite caselle, basta premere il pulsante "Poll Now " per ottenere lo stato corrente dell'elemento selezionato. Si possono avere le informazioni desiderate anche ad intervalli periodici: a questo scopo basta specificare l'intervallo di campionamento nella casella combinata e premere il pulsante "Poll Regular". Un'altra funzionalità offerta da questo tools è infine quella di poter rappresentare graficamente i dati ottenuti dall'interrogazione dell'RCX: a tal fine, è sufficiente selezionare l'apposito pulsante Graph. Nel prossimo numero ci occuperemo della comunicazione tra robot, della gestione parallela dei task e dei timer. Non mancate! ❑

CODICE MIP 2762475

a grande richiesta

Il prossimo, nuovissimo, numero di

Fare Elettronica EXTRA

in edicola a **SETTEMBRE**

Se sei abbonato
a Fare Elettronica
richiedi la tua copia
a soli **€ 4** anzichè **€ 6**.
Ti sarà recapitata
comodamente
a casa tua
senza il rischio
di non trovarla
in edicola.

INWARE EDIZIONI

TELEFONA SUBITO ALLO 02 66504755
OPPURE COLLEGATI AL SITO

www.farelettronica.com/200p

Lo shop della Community dell'elettronica

Corso di programmazione C per PIC

PRIMO PIANO

Gli e-Books sono stati recentemente creati per divulgare la conoscenza dell'elettronica rendendo disponibili prodotti di elevata qualità a costi accessibili, utilizzando le moderne tecnologie. L'e-book MircoC è un testo digitale in formato PDF ad alta risoluzione sulla programmazione dei PIC usando il linguaggio C ed il compilatore MikroC.

Indice degli argomenti: **1** Ambiente di sviluppo; **2** Controllare le uscite del PIC; **3** Gestione di pulsanti, tastiere e display LCD; 4 Generazione di segnali PWM; **5** Uso dell'interfaccia seriale; **6** Interfacce I2C, SPI e 1-Wire; **7** Uso del convertitore A/D; **8** Rrealizzazione di un datalogger; **9** Utilizzo dell'interfaccia Ethernet; **10** Conversione Digitale/Analogico.

CODICE: EB-MIKROC

PREZZO: € 14.40

Un nuovo compilatore C per PIC

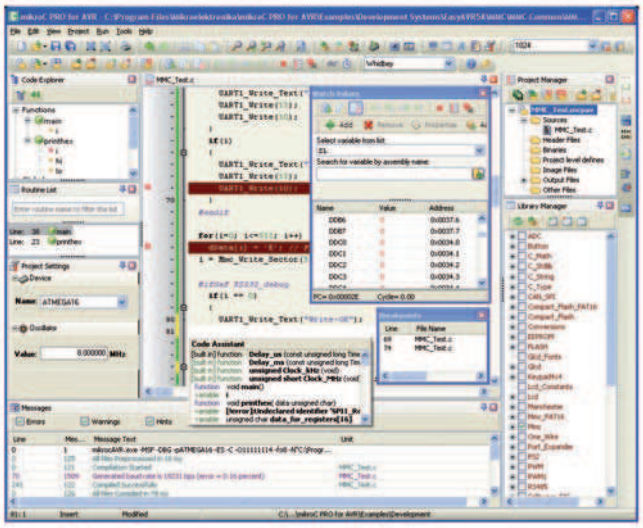
NOVITA'

La versione PRO del famosissimo compilatore C di Mikroelektronika. La versione PRO permette di compilare codici sorgenti ottimizzando al massimo l'uso della memoria interna del microcontrollore.

Oltre al miglioramento di molti algoritmi, sono state aggiunte nuove librerie, nuovi esempi di programmazione e sono stati aggiunti nuovi dispositivi supportati.

CODICE: MIKROC-PRO

PREZZO: € 190.80



Controller GSM/GPRS

NOVITA'

Smart-Cell è il Controller GSM/GPRS più semplice del mondo. Integrato con un potente processore Microchip PIC18F6722, offre I/O analogico e digitale built-in combinato con connettività GSM/GPRS in una soluzione compatta. Sviluppa le tue applicazioni in modo facile e veloce con le librerie built-in scritte in C, BASIC o PASCAL. Il controller GSM Smart-Cell ridurrà il costo totale del tuo progetto. E' specificatamente disegnato per operare in modo indipendente ed affidabile sotto le condizioni di lavoro più intense.

CODICE: SMART-CELL

PREZZO: € 310.80

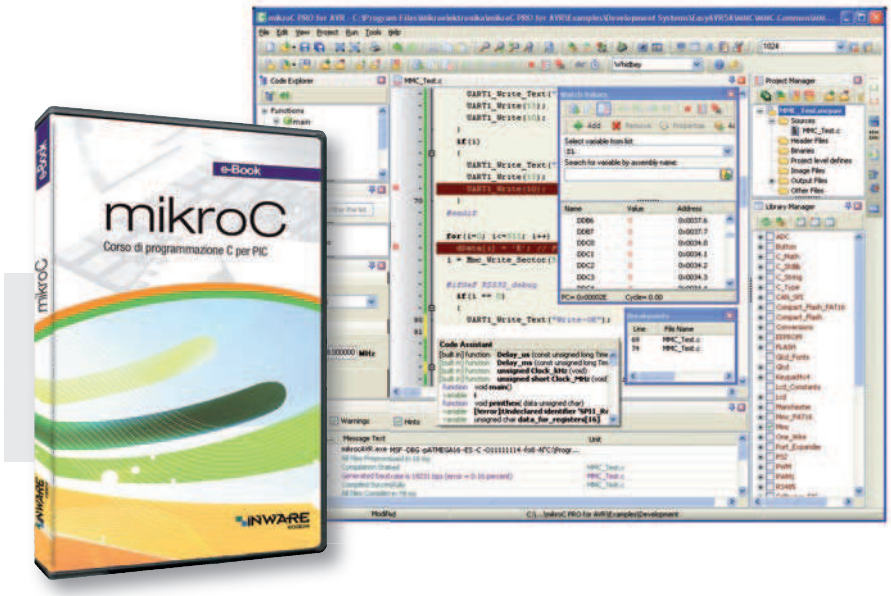
Oscilloscopio USB

Utilizzando la tecnologia Plug'n Play USB e fornendo un isolamento ottico completo l'oscilloscopio PoScope Basic è facile da installare e usare. Il software è un oscilloscopio, un registratore di segnali, un generatore di funzioni, un generatore di logica, un analizzatore logico ed un analizzatore di spettro tutto in un unico pacchetto.

OFFERTA

PoScope Basic contiene:
1 PoScope Basic
2 sonde per Oscilloscopio (60MHz)
1 cavo di prova per analizzatore logico (16 canali)
1 cavo USB
1 CD con software e manuale

CODICE: POSCOPE-BASIC-BUNDLE
PREZZO: ~~€ 156.00~~ € 139.00



BUNDLE

Impara a programmare i PIC in C!

Il compilatore MikroC-PRO e l'e-book con il Corso complete di programmazione C ad un prezzo veramente speciale!

CODICE: BUNDLE U
PREZZO: € 179.90

Pillole di Elettronica analogica

Nell'ambito della letteratura tecnica il volume si pone come vero e proprio manuale di progettazione dei sistemi circuitali analogici. Di ciascun circuito vengono infatti fornite le espressioni utili alla progettazione (per la cui applicazione è sufficiente la conoscenza della quattro operazioni elementari), a cui fanno sempre seguito esempi di progetto. I risultati di questi vengono quindi confrontati in simulazione al computer tramite il software SPICE (Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis) che a tutt'oggi, consentendo un'immediata verifica della correttezza del dimensionamento, rimane il più efficace strumento atto, per l'appunto, a constatare il reale funzionamento dei vari circuiti.

BEST SELLER

CODICE: FE-36
PREZZO: € 27.50

Lo shop della Community dell'elettronica

LochMaster

LochMaster 3.0 è uno strumento di sviluppo per la progettazione di boards. Possiede utili funzionalità per disegnare, documentare e testare una board.

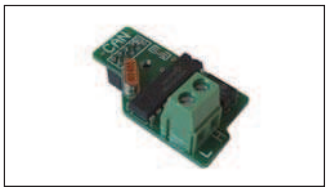
Si trovano caratteristiche quali autogenerazione di liste di componenti, test di connessione, una libreria customizzabile con un vasto numero di simboli e componenti, e molto altro. Nella nuova versione il software è molto più realistico. La nuova libreria estesa riprende quasi perfettamente i componenti così come sono nella realtà. Un altra ottima caratteristica è l'editor di board integrato. E' ora possibile creare le proprie boards, se la board desiderata non è tra quelle già definite.

CODICE: LOCHMASTER 3.0

PREZZO: € 47.88

CAN LCD per easyPIC5

Con la scheda CAN2 è possibile creare reti CAN tramite



l'interfaccia disponibile sui comuni microcontrollori, con interfaccia SPI. La scheda nasce come estensione della easyPIC5 ma può essere utilizzata anche come CAN controller stand alone.

Caratteristiche:

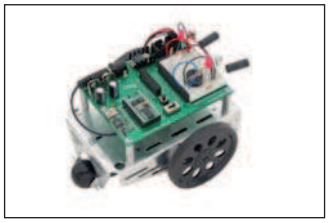
- MCP2551 CAN transceiver
- MCP2115 CAN controller
- Semplice da collegare
- Pronta all'uso, molti esempi disponibili

CODICE: EP-CAN2

PREZZO: € 25.20

BOE BOT

Il robot di Boe-Bot è costruito su un telaio di alluminio spazzolato di alta qualità che fornisce una



piattaforma robusta per i servomotori ed il circuito stampato del microcontrollore. I fori e le scanalature di montaggio possono essere usati per aggiungere componenti aggiuntivi al robot (su ordinazione). La rotella posteriore è una sfera perforata di polietilene, le ruote sono lavorate per adattarsi precisamente alla scanalatura dei servo e sono fissate con una piccola vite. Tutti i progetti di I/O vengono sviluppati sulla breadboard (microcontrollore BS2-IC), questa scheda può essere rimossa del telaio per essere utilizzata come piattaforma per qualsisi progetto con il BasicStamp 2-IC, questo rende il dipsositivo molto flessibile e di facile utilizzo. Il robot può essere programmato per diversi progetti come seguire una riga, per risolvere un labirinto, per seguire la luce o per comunicare con un altro robot.

CODICE: 28832

PREZZO: € 154.80

In-Circuit Debugger per dsPIC

dsPICprog2 USB è un programmatore in-system per dsPIC Microchip. Il micro viene connesso al programmatore attraverso 5 conduttori di cui due sono +5V e GND. Il nuovo dsPCprog può effettuare la programmazione in-circuit debugging, il programmatore è in grado di eseguire un programma di MikroC, MikroBasic o MikroPascal su un controllore osservare i valori variabili, i registri speciali di funzione (SFR), la memoria EEPROM mentre il programma sta funzionando. A

differenza di altri programmatori che utilizzano il bootload (quindi una parte di memoria del micro è riservata al programma di bootload) il dsPICprog2 opera in modo che tutta la memoria del micro sia disponibile.

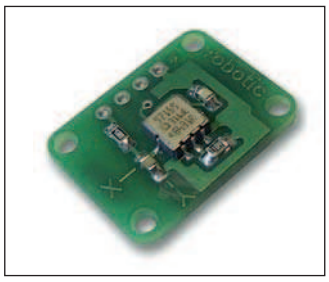
La confezione contiene il programmatore, il cavo USB ed un CDROM con il software, la documentazione e i driver per Windows

CODICE: DSPICPROG ICD

PREZZO: € 106.80

Accelerometro per easyPIC5

Un accelerometro è un dispositivo elettronico che misura la forza di accelerazione. Queste forze possono essere statiche, come la forza costante di gravità, o potrebbero essere dinamiche, causate spostando o vibrando l'accelerometro.



Misurando la quantità di accelerazione statica dovuto alla gravità, potete scoprire l'angolo di inclinazione del dipsositivo. Calcolando la quantità di accelerazione dinamica, potete analizzare il senso in cui il dispositivo si sta muovendo.

Caratteristiche tecniche:

- accelerazione +/- 2g.
- Amplificatore Operazionale rail-to-rail output.
- 100Hz output.

CODICE: EP-ACCEL

PREZZO: € 27.60

www.ieshop.it

I 10 articoli più richiesti

1- Libro "Pillole di Elettronica Analogica" - FE36

2 - e-book "MicroC"

3 – DVD video Mr A.Keer – "PIC micro per principianti"

4 – DVD raccolta annate Fare Elettronica, Firmware, Elektor

5 – sPLAN, il software per il disegno di schemi elettrici

6 – DVD video Mr A.Keer "Elettronica analogica per principianti"

7 - EasyPIC5

8 - PoScope, oscilloscopio USB

9 – ICD-U, programmatore in-circuit per PIC

10 – Libro "PIC MICROCONTROLLER" FE-37

Ordinare direttamente tramite internet conviene! Potrai infatti aggiudicarti dei buoni sconto (coupon) con le modalità:

COUPON ABBONAMENTO ONLINE FE E FW
Sottoscrivendo un nuovo abbonamento o rinnovando il proprio online, direttamente tramite IE SHOP, si ha diritto ad un coupon del 15%! **Qualora ci si abbona (sempre online) a Fare Elettronica e Firmware insieme il coupon è del 20%!**

COUPON QUIZ "ELETTROQUIZ"
Rispondendo ai Quiz presente ogni mese su Fare Elettronica si avrà diritto ad un coupon del 10%. Tutte le risposte pervenute saranno accuratamente valutate dagli autori dei quesiti e, in caso di risposta esatta (oltre al Coupon) potrai vincere fantastici premi!

COUPON "ACQUISTI PREMIATI"
I tuoi acquisti su www.ieshop.it vengono premiati con un coupon del 10% se il tuo ordine supera i 100 EUR (IVA e spese di trasporto escluse). Ma se il tuo ordine supera i 200 EUR, lo sconto sale al 20%!

IMPORTANTE!
- Il coupon può essere speso **esclusivamente** ordinando sul sito www.ieshop.it
- Il coupon non potrà essere utilizzato in caso di nuova sottoscrizione o rinnovo dell'abbonamento, è invece utilizzabile per tutti gli altri prodotti presenti su www.ieshop.it
- Ogni coupon ha una scadenza, non dimenticarlo!
- Lo slogan "più acquisti più risparmi" pecca senz'altro di originalità, ma in questo caso è molto azzeccato: i coupon sono infatti utilizzabili solo una volta, usalo bene!
- I coupon non sono cumulabili, e vanno utilizzati singolarmente, secondo il criterio cronologico di assegnazione.

CONTI CORRENTI POSTALI - Ricevuta di Versamento — BancoPosta

sul C/C n. 70107552 di Euro ____,__

importo in lettere

INTESTATO A:
INWARE EDIZIONI SRL

ESEGUITO DA:

VIA - PIAZZA

CAP

LOCALITÀ

BOLLO DELL'UFF. POSTALE

AVVERTENZE
Il Bollettino deve essere compilato in ogni sua parte (con inchiostro nero o blu) e non deve recare abrasioni, correzioni o cancellature.
La causale è obbligatoria per i versamenti a favore delle Pubbliche Amministrazioni.
La ricevuta rilasciata dall'ufficio postale attesta l'avvenuto versamento ma non garantisce l'esecuzione delle partite e dei sì compone il bollettino.

CAUSALE

CONTI CORRENTI POSTALI - Ricevuta di Accredito — BancoPosta

sul C/C n. 70107552 di Euro ____,__

TD 451

importo in lettere

INTESTATO A:
INWARE EDIZIONI SRL

CAUSALE

ESEGUITO DA:

VIA - PIAZZA

CAP

LOCALITÀ

BOLLO DELL'UFF. POSTALE
codice bancoposta

IMPORTANTE: NON SCRIVERE NELLA ZONA SOTTOSTANTE
importo in euro — numero conto — td

AUT. DB/SISB/E 20017 DEL 11.04.2006

70107552 < 451>

IMPORTANTE: NON SCRIVERE NELLA ZONA SOPRASTANTE!

AVVERTENZE

Il Bollettino deve essere compilato in ogni sua parte (con inchiostro nero o blu) e non deve recare abrasioni, correzioni o cancellature.

La causale è obbligatoria per i versamenti a favore delle Pubbliche Amministrazioni.

Le informazioni richieste vanno riportate in modo identico in ciascuna delle parti di cui si compone il bollettino.

Indagine sui lettori

Aiutaci a conoscerti meglio!
Con il tuo aiuto riusciremo ad offrirti una rivista sempre più in linea con le tue aspettative!

IL TUO SETTORE DI COMPETENZA:

- ❑ **B05** Direzione Tecnica
- ❑ **B06** Progettazione
- ❑ **B07** Studente
- ❑ **B08** Direzione Acquisti
- ❑ **B09** Insegnante
- ❑ **B10** Altro . . . . . .

PRODOTTO PRINCIPALE O SERVIZIO OFFERTO DALL'AZIENDA DOVE LAVORI:

- ❑ **C11** Apparecchiature elettriche, elettroniche, ICT
- ❑ **C12** Elettrodomestici
- ❑ **C13** Consulenza
- ❑ **C14** Apparecchiature scientifiche, misura e controllo
- ❑ **C15** Automotive
- ❑ **C16** Vending
- ❑ **C17** Altro . . . . . .

NUMERO DI DIPENDENTI DELLA TUA AZIENDA:

- ❑ **D18** fino a 10
- ❑ **D19** da 10 a 50
- ❑ **D20** da 50 a 100
- ❑ **D21** da 100 a 500
- ❑ **D22** oltre 500

Solo se sei abbonato, indica il tuo codice abbonato: . . . . . .
e barra la casella di interesse:

TIPO DI ABBONAMENTO:

- ❑ **A01** Personale uso professionale
- ❑ **A02** Aziendale
- ❑ **A03** Scuola o Università
- ❑ **A04** Personale uso hobbistico

FE

Compila il cedolino e invialo in busta chiusa o via fax allo 02 66508225 e riceverai GRATIS a tua scelta UN CD-ROM DEL VALORE DI 10 EURO

(barrare con una croce quello preferito)

FOTOGRAFIA DIGITALE: un corso completo che guida l'utente nel mondo della fotografia utilizzando le moderne fotocamere digitali.

BABYLON: il traduttore istantaneo italiano/inglese inglese/italiano più conosciuto nel mondo.

iPOD CONVERTER: il software per convertire i filmati e i file audio in un formato idoneo all'iPOD.

Grazie per la preziosa collaborazione!

Se vuoi ordinare "offline" ovvero senza usare internet, usa il seguente modulo d'ordine **PRODOTTI**

COD. PRODOTTO	DESCRIZIONE	PREZZO UNITARIO	Q.tà	Totale
			SUB TOTALE	
			SPESE DI SPEDIZIONE	
			TOTALE	

Nota. Se le righe non sono sufficienti, utilizzare più copie del modulo.
Per maggiori dettagli sulle spese di spedizione e i metodi di pagamento vedi retro cartolina.

METODI DI PAGAMENTO

☐ **BONIFICO BANCARIO** ☐ **BOLLETTINO POSTALE** ☐ **CONTRASSEGNO**

☐ ☐ ☐

TITOLARE. . . . . .
NUMERO . . . . . .
DATA DI SCADENZA. . . . . CODICE DI SICUREZZA . . . . . .

INVIARE IL MODULO D'ORDINE A: Inware Edizioni srl, via Cadorna 27/31 - 20032 Cormano (MI) - oppure via FAX allo 02 66508225
(Inviando questo modulo si accettano i termini e le condizioni riportate a tergo)

Nome . . . . . Cognome . . . . . .
Indirizzo . . . . . n° . . . . . .
Cap . . . . . Città . . . . . Prov . . . . . .
Tel . . . . . Fax . . . . . Email . . . . . .
Ragione Sociale . . . . . .
Codice fiscale . . . . . Partita IVA . . . . . .

DATA . . . . . FIRMA . . . . . ☐ Fattura

Sì, mi abbono alle riviste di Inware Edizioni

ABBONAMENTO STANDARD
Una rivista € 49,50
Due riviste € 89,50
Tre riviste €119,50

ABBONAMENTO PLUS (include il CD dell'annata 2008)
Una rivista € 55,50 (UN CD)
Due riviste € 99,50 (DUE CD)
Tre riviste €134,50 (TRE CD)

SELEZIONE DELLE RIVISTE

Una rivista	☐ FARE ELETTRONICA	☐ FIRMWARE	☐ ELEKTOR
Due riviste	☐ FARE ELETTRONICA	☐ FIRMWARE	☐ ELEKTOR
Tre riviste	☐ FARE ELETTRONICA	☐ FIRMWARE	☐ ELEKTOR

Indicare con una croce la preferenza

FE

METODI DI PAGAMENTO (per maggiori dettagli vedi retro cartolina)

☐ **BONIFICO BANCARIO** ☐ **BOLLETTINO POSTALE** ☐ **ALLEGO ASSEGNO** (Intestato a Inware Edizioni)

☐ ☐ ☐

TITOLARE. . . . . .
NUMERO . . . . . .
DATA DI SCADENZA. . . . . CODICE DI SICUREZZA . . . . . .

INVIARE IL MODULO D'ORDINE A: Inware Edizioni srl, via Cadorna 27/31 - 20032 Cormano (MI) - oppure via FAX allo 02 66508225
(Inviando questo modulo si accettano i termini e le condizioni riportate a tergo)

Nome . . . . . Cognome . . . . . .
Indirizzo . . . . . n° . . . . . .
Cap . . . . . Città . . . . . Prov . . . . . .
Tel . . . . . Fax . . . . . Email . . . . . .
Ragione Sociale . . . . . .
Codice fiscale . . . . . Partita IVA . . . . . .

DATA . . . . . FIRMA . . . . . ☐ Fattura

ISTRUZIONI PER L'ORDINE E SPESE DI SPEDIZIONE

Il modulo d'ordine dovrà essere compilato in tutte le sue parti ed inviato via posta o via fax ai recapiti indicati sul modulo d'ordine stesso. Gli ordini potranno essere fatti anche direttamente online dal sito www.ieshop.it. In questo caso non sarà necessario inviare il modulo d'ordine. Le spese di spedizione ammontano a euro 8,50 a cui vanno aggiunti euro 3,50 se si sceglie di pagare in contrassegno.

METODI DI PAGAMENTO

Si accettano pagamenti ino in contrassegno, carta di credit, bollettino postale o bonifico all'ordine. Per il contrassegno verrà applicata una spesa aggiuntiva di euro 3,50 per le spese di contrassegno. Forme diverse di pagamento devono essere previamente concordate.

Bonifico bancario

Appoggiato su Poste Italiane IBAN: IT 68 I 07601 01600 000070107552 intestato a Inware Edizioni srl.

Bollettino postale

Versamento sul conto corrente postale n. 70107552 intestato a Inware Edizioni srl. Inviare la ricevuta (o copia) del versamento.

Contrassegno

La merce verrà pagata direttamente al corriere alla consegna della merce. Il pagamento in contrassegno comporta l'addebito di euro 3,50per spese di contrassegno.

Carta di Credito

Il pagamento con carta di credito può essere effettuato specificando i dati della carta via posta, email, web, fax o telefono. Per gli ordini effettuati sul sito il pagamento mediante carta di credito verrà effettuato attraverso una connessione sicura SSL per garantire la massima sicurezza.

TERMINI E CONDIZIONI

Tutti i prodotti sono coperti da garanzia. La garanzia copre tutti i difetti di fabbricazione entro un anno dal ricevimento della merce. Tutti i prodotti non funzionanti per uso improprio o incuria non saranno ritenuti in garanzia e saranno addebitati gli eventuali costi di riparazione. Tutti i prodotti verranno riparati e/o sostituiti direttamente dal produttore. Non sono coperti da garanzia i componenti elettronici (microprocessori, memorie, ecc.) La garanzia dei prodotti si intende F.co ns. sede, le eventuali spese di trasporto sono a carico del cliente salvo accordi diversi. Per dar corso alla riparazione/sostituzione in garanzia è necessario seguire l'apposita procedura di RMA.

PRIVACY

Ai sensi del Decr. Lgs. 196/2003 la informiamo che i dati trasmessi verranno impiegati coi principali scopi di indagini di mercato e nelle modalità previste dallo stesso, prevalentemente con mezzi informatici. Il conferimento, di norma facoltativo, è obbligatorio per permettere il rapporto commerciale. È in ogni caso fatto diritto dell'interessato esercitare i propri diritti, nei modi previsti dal "Titolo II art. 7" della legge sopra citata, scrivendo a Inware Edizioni srl, Via Cadorna 27 – 20032 Cormano o tramite email all'indirizzo info@inwaredizioni.it

---

ABBONARSI ALLE RIVISTE INWARE EDIZIONI CONVIENE!

I vantaggi per gli abbonati sono, oltre al prezzo bloccato per un anno, la ricezione del numero direttamente a casa con la garanzia di ricevere tutti i numeri.
Inoltre un vistoso risparmio che nel caso dell'abbonamento ad entrambe le riviste, ammonta a ben 43 euro.
L'abbonamento ha una durata di 12 mesi e comporta l'invio di 11 numeri di Fare Elettronica. Eventuali variazioni di indirizzo andranno comunicate tempestivamente alla Redazione che provvederà a registrare il cambiamento senza alcuna spesa aggiuntiva. L'abbonamento decorrerà dal primo numero raggiungibile alla data di avvenuto pagamento. Non sono previsti rimborsi in caso di disdetta dell'abbonamento.

METODI DI PAGAMENTO

Bonifico bancario

Appoggiato su Poste Italiane IBAN: IT 68 I 07601 01600 000070107552 intestato a Inware Edizioni srl.

Bollettino postale

Versamento sul conto corrente postale n. 70107552 intestato a Inware Edizioni srl. Inviare la ricevuta (o copia) del versamento indicando nella causale:
"Abbonamento Fare Elettronica"

Carta di Credito

Il pagamento con carta di credito può essere effettuato specificando i dati della carta via posta, email, web, fax o telefono. Per gli ordini effettuati sul sito il pagamento mediante carta di credito verrà effettuato attraverso una connessione sicura SSL per garantire la massima sicurezza.

il tuo appuntamento estivo

A GIUGNO IN EDICOLA

non mancare...

CODICE MIP 2764118

convertitori USB-seriale

compatti, performanti e convenienti

CODICE MIP 2764110

SystemBase

Per maggiori informazioni visita il sito **www.elettroshop.com** oppure chiama il numero **02/66504794**